

**ORGANISATION EVOLUTIVE  
DU GENRE *ABELMOSCHUS* (GOMBO) :  
CO-ADAPTATION ET EVOLUTION DE DEUX ESPECES  
DE GOMBO CULTIVEES EN AFRIQUE DE L'OUEST  
(*A. ESCULENTUS* ET *A. CAILLEI*)**

**Serge HAMON**

Cet ouvrage a fait l'objet d'une thèse  
de doctorat d'Etat *es* Sciences Naturelles,  
présentée le 22 septembre 1987  
à l'Université de Paris XI, Centre d'Orsay,  
enregistrée sous le numéro 3398.

ORGANISATION EVOLUTIVE DU GENRE *ABELMOSCHUS*  
(GOMBO): CO-ADAPTATION ET EVOLUTION DE DEUX  
ESPECES DE GOMBO CULTIVEES EN AFRIQUE DE L'OUEST  
(*A. ESCULENTUS* ET *A. CAILLEI*)

Serge HAMON

Les recherches présentées n'auraient jamais pu être menées sans le support financier de l'International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR).

Cet organisme a facilité la constitution de la collection en intervenant auprès de nombreux Centres Internationaux et en financant des collectes spécifiques notamment au Togo, au Bénin et en Thaïlande.

Trois conventions bilatérales (1982, 1983 et 1987) concernant la multiplication, l'évaluation et la diffusion des Ressources Génétiques du genre *Abelmoschus* ont été signées entre l'IBPGR et l'ORSTOM.

ORSTOM Fonds Documentaire

29 JUIN 1988

N° : 25.056 ex 2

Cote : A

# TDM 46

## ORSTOM

Editions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

*Collection :*

Travaux et documents microédités

PARIS 1988

ISBN 2-7099-0922-7

© ORSTOM

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, « que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article 40).

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal ».

# F4

à Perla

à Laëtitia et Mikael

à mes Parents

## AVANT-PROPOS

Ce travail a été réalisé au laboratoire de Génétique de l'ORSTOM d'Adiopodoumé en Côte d'Ivoire à la demande du Ministère de la Recherche Scientifique de Côte d'Ivoire.

Je prie M. Touré, Recteur de l'Université Nationale d'Abidjan de trouver ici toute ma gratitude et ma reconnaissance pour avoir accepté, malgré ses lourdes tâches, de présider cette thèse.

M. Charrier s'est intéressé à ce travail dès son origine en 1981 puisqu'il en est le promoteur. Ses conseils, ses indications, ses suggestions m'ont aidé efficacement dans la réalisation de ce manuscrit. Je le prie de trouver ici l'assurance de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à exprimer ma gratitude à M. le Professeur Pernès qui a favorisé mon intégration à l'ORSTOM. Je le remercie pour ses conseils, sa disponibilité à mon égard malgré un emploi du temps bien chargé.

J'adresse mes remerciements à M. le Professeur Combes et à M. Sarr qui ont bien voulu accepter de faire partie de mon jury de thèse.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à Messieurs Van Sloten et Williams de l'International Board for Plant Genetic Resources pour leurs actions en faveur des Ressources Génétiques et surtout de ces plantes dites "secondaires" et pourtant si importantes.

Je dois beaucoup à M. Koechlin. Son amitié et les discussions fort enrichissantes que nous avons eu, m'ont été très précieuses.

A Mme Bosseno, j'adresse tous mes remerciements pour son aide efficace et chaleureuse.

M. de Kochko et M. et Mme Pham ont contribué à la réalisation de ce manuscrit par leurs suggestions et leurs corrections. Je leur exprime tous mes remerciements.

Je suis heureux de rendre hommage au personnel technique de la station et plus particulièrement à celui du laboratoire de Génétique.

Je remercie Messieurs Amon Anon, Boka et Gueda-Bledy ainsi que tous les vacataires Messieurs Adama, Pierre, Konan(s), Moctar, Ousmane....

## INTRODUCTION GENERALE

La famille des Malvacées est constituée dans les régions tropicales de plusieurs genres d'importance économique. Il s'agit soit de plantes à fibres comme les cotonniers (*Gossypium* spp.) et le chanvre de Guinée (*Hibiscus cannabinus*) soit de plantes maraîchères comme le gombo\* (*Abelmoschus* spp.) et l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa*).

Si l'on se réfère à la dernière révision systématique (Van Borssum Waalkes, 1966), le genre *Abelmoschus* comprend six espèces. Outre *A. esculentus*, deux autres espèces sont cultivées à titre divers: *A. manihot* et *A. moschatus*. Trois sont strictement sauvages: *A. angulosus*, *A. critinus* et *A. ficulneus*. Nous verrons, plus loin que cette systématique est incomplète.

L'espèce *A. manihot* est présente en Inde et ailleurs en Asie. Elle est cultivée pour ses feuilles en Extrême Orient. Sa reproduction y est essentiellement végétative par bouturage de tige et de nombreux clones ont perdu leur aptitude à la floraison. En Thaïlande (Hamon *et al.* 1987) elle est utilisée en corderie. Les plantes atteignent plusieurs mètres de haut, sont très fructifères, et repoussent après fauchage.

L'espèce *A. moschatus* est répandue à l'état subspontané en Asie. Elle est connue sous le nom d'ambrette en Afrique sahélienne où les huiles essentielles des graines servent à la préparation de parfum. Elle est cultivée et entre dans les pratiques du totémisme au sud du Togo et du Bénin (Hamon et Charrier, 1983). D'après les informations recueillies en Thaïlande, le tubercule de la sous-espèce *tuberosus* aurait des pouvoirs aphrodisiaques.

L'espèce *A. esculentus*, se trouve en région tropicale, sub-tropicale et méditerranéenne. Dans ces régions, elle occupe une place importante dans l'alimentation. C'est un légume d'accompagnement.

Les fruits, récoltés très jeunes, trois à quatre jours après la floraison, sont consommés après cuisson. Ils se caractérisent par un aspect fortement mucilagineux, très apprécié par les Africains. Dans certaines régions, les feuilles sont également utilisées comme l'équivalent d'épinards ("sauce feuilles" en Afrique).

La conservation des fruits se fait soit par des procédés industriels (congélation aux U.S.A., boîtes de conserves en Grèce) soit naturels (séchage au soleil de fruits coupés en rondelles en Afrique).

Les valeurs nutritives des jeunes fruits et feuilles estimées par différents auteurs sont comparées par Siemonsma (1982) à d'autres légumes tels la tomate, le potiron et l'aubergine.

---

(\*) Le gombo est connu sous le nom botanique de *Abelmoschus esculentus*. Suivant les langues on parle d'Okra en anglais, de Bhindi en hindi, de Bamiah en arabe, de Quiabero en espagnol. En Afrique de l'Ouest, les termes génériques varient en fonction des ethnies (voir page 87).

Le gombo apparait très riche en calcium (90 mg/100 g), et malgré une teneur moyenne en vitamine A (300 UI), les teneurs en thiamine, riboflavine, acide ascorbique (vitamine C) sont bonnes. Ainsi, une consommation quotidienne de 100 g de gombo frais fournirait environ 20% des besoins en calcium, 15% des besoins en fer et 50% des besoins en vitamine C.

Les techniques culturales dans le sud des Etats-Unis et dans le nord de l'Inde sont bien décrites. En Afrique son importance économique est difficile à quantifier. Le gombo intervient, en Côte d'Ivoire, selon Grubben (1977), au troisième rang après l'aubergine (*Solanum spp.*) et la tomate (*Lycopersicum esculentum*). La consommation est cependant très variable. Elle passe de douze kilogrammes par habitant et par an dans la région Centre, à trois dans le Centre-Ouest.

Les genres *Abelmoschus*, *Gossypium* et *Hibiscus* sont constitués de séries polyploïdes. Darlington et Wylie (1955) proposent au moins dix nombres chromosomiques de base pour le genre *Hibiscus*. Au sein du genre *Abelmoschus* les nombres de chromosomes vont de  $2n=38$  à  $2n=198$ . Ceux-ci ont été répartis en trois niveaux par Charrier (1984). Le premier,  $2n=58$  à  $72$  comporte les espèces *A.moschatus*, *A.manihot*, *A.tuberculatus*. Le second,  $2n=120$  à  $140$  est défini par *A.esculentus*, *A.tetraphyllus* et *A.pungens*. Le troisième,  $2n=185$  à  $200$  est constitué uniquement par l'espèce africaine *A.caillei*.

Les principales recherches effectuées sur le gombo ont été réalisées en dehors du continent africain. Les domaines abordés concernent essentiellement les aspects agronomiques en Inde et au Sud des Etats-Unis. Les études génétiques, peu nombreuses et déjà anciennes, ont porté sur les relations entre l'espèce cultivée *A.esculentus* et quelques espèces sauvages ainsi qu'entre espèces spontanées. Cependant, l'organisation évolutive du genre est encore mal connue (Charrier, 1984).

Signalons que l'espèce endémique africaine mentionnée par Chevalier (1940a,b) comme *A.manihot spp. caillei*, redécouverte par Siemonsma (1982) est totalement absente des systématiques de Van Borssum Waalkes (1966) et Bates (1968). Nous appellerons cette espèce du nom de *Abelmoschus caillei* (\*) en accord avec les suggestions de Westphall (com.pers.) qui doit incessamment en proposer une description botanique conventionnelle.

---

(\*) Le nom de *Caillei* à pour origine le département de Kaille, au Cameroun, où le Professeur A. Chevalier a identifié le premier échantillon. Le nombre et la largeur des segments, en accord avec les règles taxonomiques de l'époque, l'obligeaient à l'appeler *A.manihot* malgré sa forte ressemblance avec l'autre espèce cultivée *A.esculentus*.

En Afrique, le gombo est un légume traditionnel, non cultivé dans les pays tempérés, contrairement aux tomates et aubergines. Ces éléments expliquent, peut-être, le relatif désintérêt des chercheurs tropicalistes. Pourtant l'International Board for Plant Genetic Resources (I.B.P.G.R.) en 1979 le considéra comme l'un des huit genres retenus pour des actions immédiates de collecte, préservation et évaluation (Van Sloten, 1980). Signalons que la collection la plus importante, du point de vue numérique, au début de nos travaux, celle de l'U.S.D.A. (United States Department of Agriculture), est composée uniquement d'échantillons provenant d'Inde, de Turquie et de pays méditerranéens.

Le laboratoire de Génétique de l'ORSTOM en Côte d'Ivoire est engagé dans des programmes de recherche sur les ressources génétiques de quelques plantes économiquement importantes:

- le *Panicum maximum*, graminée fourragère, susceptible d'améliorer la production de viande;
- le Riz, céréale de base, pour laquelle "l'autosuffisance" n'est pas atteinte en Afrique;
- le Café, culture de rente, dont la plus-value est limitée par la qualité médiocre des variétés de basse altitude;
- le Manioc, plante à racine tubéreuse, non originaire d'Afrique, mais dont l'extension est très importante.

Depuis 1982, un programme de recherches sur le gombo a été initié et nous a été confié. Cette plante, légume fruit et légume feuille, présente deux intérêts majeurs:

- sa teneur élevée en protéines, calcium et vitamines, permettant de pallier de nombreuses déficiences,
- la possibilité de l'envisager dans des projets de diversification alimentaire.

Le peu d'informations disponibles sur la variabilité génétique de l'espèce cultivée *A. esculentus* en général et l'absence d'éléments sur l'Afrique de l'Ouest où cette espèce est cultivée simultanément avec *A. caillei*, nous ont conduit à développer une étude sur leur co-évolution et leurs particularités sur ce continent. La compréhension de l'organisation de la variabilité, des modes de reproduction et des possibilités d'échanges géniques entre formes cultivées et entre formes cultivées et spontanées, ont fait l'objet d'une attention particulière.

Les résultats présentés s'articulent autour de quatre parties:

- nous ferons tout d'abord le bilan des connaissances actuelles sur l'organisation génétique du genre *Abelmoschus*. Nous évoquerons à cette occasion le matériel végétal disponible à l'origine. Puis, nous montrerons comment se compose la collection mondiale que nous avons constituée;

-la coexistence sur une aire commune, de deux espèces cultivées pour le même usage, pose le problème de leur survie en tant qu'entités biologiques distinctes. Nous montrerons comment les conditions culturelles, les phénologies de floraison et de fructification, le mode de reproduction, contribuent au maintien de leur isolement génétique;

-aucune étude de variabilité enzymatique par électrophorèse n'avait été réalisée auparavant. Nous comparerons, en utilisant des descripteurs morpho-phénologiques et enzymatiques, les cultivars selon leurs origines géographiques, selon leur appartenance à telle espèce cultivée. La typologie issue des analyses multivariées sera discutée par rapport à la classification traditionnelle des cultivateurs;

-l'amélioration génétique d'une espèce donnée fait appel d'une part, à la variabilité disponible en son sein mais aussi, aux possibilités de transfert de caractères provenant d'autres espèces cultivées ou spontanées présentant des particularités intéressantes. A partir de notre étude, nous ferons le bilan des possibilités des échanges géniques;

Pour un complexe d'espèces donné, la variabilité observée, son organisation, dépendent de nombreux facteurs dont: le statut taxonomique, le mode de spéciation, le régime reproductif, les aires d'origine et de domestication, l'ancienneté de la culture, le niveau de ploïdie, etc... Des réflexions sur ces thèmes seront proposés dans les différentes discussions. Nous essaierons de voir si le polymorphisme observé des gombos cultivés est en accord avec les modèles généraux.

Nous terminerons en évoquant quelques aspects de la conservation et de la diffusion des Ressources Génétiques en collection et par une proposition d'un schéma d'amélioration variétale.

**PREMIERE PARTIE**

LE COMPLEXE D'ESPECES DU GENRE *ABELMOSCHUS*  
CONNAISSANCES ACTUELLES,  
MATERIEL VEGETAL DISPONIBLE



## A.LA STRUCTURE DU GENRE *ABELMOSCHUS*.

### I.La taxonomie.

#### 1. La reconnaissance d'un genre à part entière.

Nous utiliserons simultanément les données taxonomiques et cytogénétiques pour tenter de dégager l'organisation du complexe d'espèces *Abelmoschus*.

Le genre *Abelmoschus* est un complexe multispécifique dont la structure est encore mal comprise. Il fut longtemps rattaché au genre *Hibiscus* (De Candolle, 1924). Hoechreutiner (1924) proposa d'en faire un genre à part entière mais, il se heurta à ses confrères qui estimaient qu'il n'y avait pas d'éléments pertinents pour l'accepter. Il fallut attendre Kundu et Biswas (1973), Terrel et Winters (1974) pour que les derniers éléments de la polémique soient dissipés. La distinction reconnue est basée sur les caractéristiques du calice. Le calice spatiforme, à cinq dents courtes, est soudé à la corolle, caduc après la floraison.

Charrier (1984) fait le recensement de toutes les dénominations qui ont été utilisées, cinquante deux appellations sont dénombrées (Annexe 1).

#### 2. Les différentes classifications botaniques.

Le point de départ est dû à Hoechreutiner (1924). Cet auteur considère que le genre s'organise autour de quatorze espèces dont deux sont composées de plusieurs variétés: *A.moschatus* et *A.manihot*. Van Borssum Waalkes (1966), se basant sur ses travaux effectués en Indonésie, propose une classification plus restrictive s'articulant autour de six espèces.

Nous avons représenté dans le tableau 1 la correspondance entre ces deux classifications et celle de Bates (1968). Cet auteur suggère des modifications au sein des formes cultivées.

Les trois espèces sauvages *A.crinatus*, *A.angulosus* et *A.ficulneus* semblent parfaitement définies et ne sont pas remises en cause.

Bates (1968) critique par contre la structure définie précédemment par Van Borssum Waalkes (1966) à propos des espèces cultivées.

-La première critique porte sur l'intégration d'*A.tuberculatus* dans *A.esculentus*. Selon cet auteur, la distinction doit être maintenue. Celle-ci semble logique si l'on se réfère aux données cytogénétiques et aux nombres de chromosomes (Annexe 2). Pal *et al.* (1952), Kuwada (1966), Joshi *et al.* (1974), ont montré que cette espèce compte moitié moins de chromosomes qu'*A.esculentus*. De plus, elle serait à l'origine de l'espèce cultivée. Les éléments photographiques présentés par Kuwada (1966), soulignent les aspects morphologiques différents des plantes des deux espèces.

-La seconde objection concerne la subdivision d'*A.moschatus* en trois sous-espèces. Bates (1968) propose de regrouper les deux sous-espèces (*biakensis* et *moschatus*) et d'élever la sous-espèce *tuberosus* au rang d'espèce à part entière sous le nom de *A.rugosus*. Les arguments cytologiques plaident également pour cette restructuration. En effet le nombre de chromosomes de *A.coccineus* synonyme de *A.moschatus ssp tuberosus* est égal à la moitié de celui de *A.moschatus sensu stricto*.

Lors de notre prospection en Thaïlande (Hamon *et al.* 1987), nous avons été confrontés aux limites de la clé taxonomique au sein de *A.moschatus*. Les représentants de la sous espèce "*tuberosus*", caractérisés par la présence d'un tubercule, font immédiatement penser à *A.moschatus*. Cependant leur aspect morphologique et leurs capacités reproductives réduites sont très différents des formes cultivées, rencontrées au Togo et au Bénin (Hamon et Charrier, 1983).

-Le troisième élément de dissension, et non des moindres, concerne l'espèce *A.manihot*. Ici, contrairement aux deux points précédents, nous ne partageons pas le point de vue de Bates (1968) qui suggère un regroupement de tous les *A.manihot*.

Cet auteur considère, à juste titre, qu'il n'y a pas d'éléments pour maintenir une subdivision sur un critère opposant formes cultivées et formes sauvages. Cependant, les travaux de cytogénétique montrent que cette "espèce" est constituée de formes présentant des nombres de chromosomes différents.

L'espèce de base *A.manihot* possède un nombre 2n compris entre 60 et 68, l'espèce supposée dérivée *A.tetraphyllus* ayant 2n compris entre 130 et 138. Elles sont séparées par une forte barrière reproductive. Une ambiguïté supplémentaire est induite par l'espèce endémique africaine qui, si on respecte la clé taxonomique, est à inclure dans cette espèce.

Tenant compte de l'aspect trop restrictif de la classification de Van Borssum Waalkes (1966), nous adopterons la position taxonomique suivante:

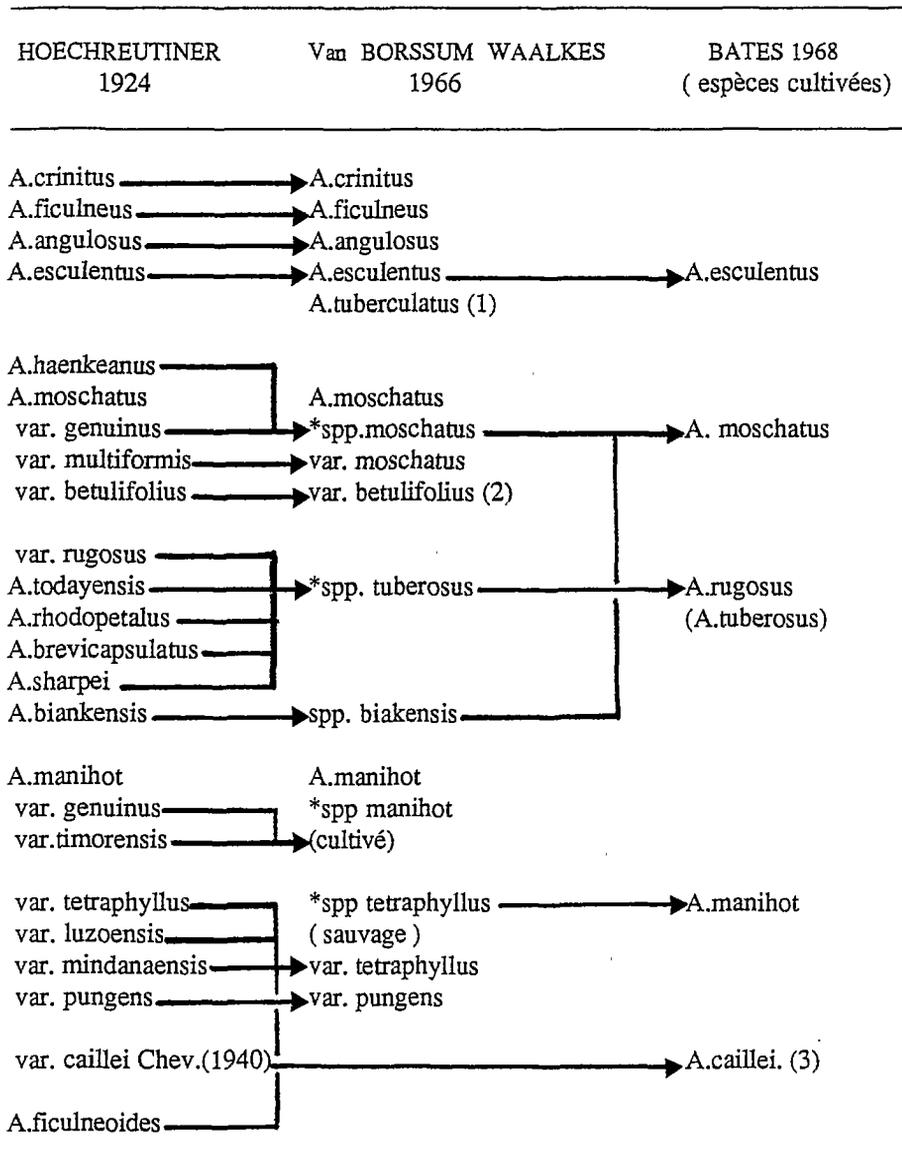
-les trois espèces spontanées *A.angulosus*, *A.ficulneus* et *A.critinus* sont maintenues,

-*A.esculentus* et *A.tuberculatus* sont différenciées,

-*A.manihot* est réservée aux formes à 70 chromosomes, celles à 140 constituent *A.tetraphyllus*, celles à 180 *A.caillei*.

-*A.moschatus* est scindée en deux, *A.moschatus* est conservée pour les formes cultivées à 70 chromosomes, la forme spontanée à tubercule est appelée *A.tuberosus*.

-la forme, présumée hybride entre *A.manihot* et *A.moschatus*, est nommée *A.betulifolius*.

Tableau 1: Les classifications du genre *Abelmoschus* (Gombo).

- 1): *A. tuberculatus* est décrite par Kuwada (1966) comme une espèce nouvelle, Van Borssum Waalkes considère qu'il s'agit d'une variété d'*A. esculentus*.
- (2): *A. betulifolius* est, selon Van Borssum Waalkes, une forme intermédiaire entre *A. manihot* et *A. moschatus*.
- (3): La variété *caillei* Chev. de *A. manihot*, mentionnée dans la flore de l'Afrique de l'Ouest par Hutchinson et Dalziel (1958) n'est pas prise en compte ultérieurement.

## II. Origine évolutive des espèces.

Nous avons reporté (annexe 2), le tableau général des nombres de chromosomes rencontrés au sein du genre *Abelmoschus*. Il présente une très importante diversité.

Le nombre minimal représenté par *A. tuberosus* et *A. angulosus* est  $2n=38$ . Le nombre maximal, observé pour *A. caillei* (Singh et Bhatnagar, 1975; Siemonsma 1982) se situe entre 185 et 200, c'est le plus important actuellement connu au sein des Malvacées.

Charrier (1984) propose un schéma évolutif avec trois niveaux de ploïdie. Nous pensons que pour tenir compte des espèces *A. tuberosus* et *A. angulosus*, il est nécessaire d'en inclure un quatrième. Le schéma ainsi modifié est présenté dans la figure 1.

Le premier niveau ( $2n=38$ ) est composé des espèces sauvages *A. angulosus* et *A. crinitus*.

Le deuxième niveau ( $2n=58$  à  $72$ ) comprend quatre espèces:

- deux plus ou moins cultivées *A. manihot* et *A. moschatus*,
- deux spontanées *A. ficulneus* et *A. tuberculatus*.

*A. moschatus* pourrait être un polyploïde de *A. tuberosus* ayant perdu son aptitude à la pérennité liée à la présence d'un tubercule.

Le troisième ( $2n=120$  à  $140$ ) est représenté par l'espèce cultivée majeure *A. esculentus*, et deux espèces spontanées *A. tetraphyllus* et *A. betulifolius*.

L'espèce cultivée, *A. esculentus* serait un amphiploïde entre *A. ficulneus* et *A. tuberculatus* (Joshi *et al.* 1974), c'est à dire les deux espèces spontanées du niveau 2.

L'espèce spontanée, *A. betulifolius*, serait apparue par le même processus mais entre les deux espèces semi-cultivées *A. moschatus* et *A. manihot* (van Borssum Waalkes, 1966).

L'espèce spontanée, *A. tetraphyllus*, pourrait être issue du doublement chromosomique de l'espèce semi-cultivée *A. manihot*.

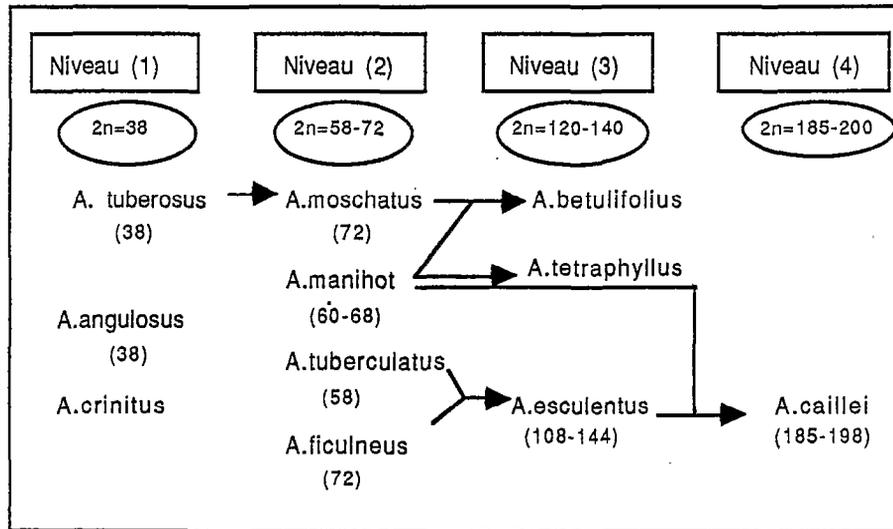
Le quatrième et dernier niveau ne comprend que l'espèce cultivée, endémique en Afrique, *A. caillei*. Son origine génétique demeure encore obscure.

Siemonsma (1982b) propose une origine par amphiploïdisation entre *A. esculentus* et *A. manihot* en se basant sur les nombres de chromosomes et la forme intermédiaire des segments de l'épicalice.

Martin (1982) donne un point de vue plus réservé: "*A. manihot* " n'est vraisemblablement pas le parent qui est intervenu. En effet les fruits de l'espèce africaine ne ressemblent pas à ceux des hybrides que l'on peut obtenir entre *A. esculentus* et *A. manihot*."

Nos observations, réalisées dans les principaux herbiers européens (Charrier et Hamon, 1982), montrent que *A. caillei* fut collectée à plusieurs reprises en Afrique de l'Ouest anglophone, mais nulle part ailleurs. L'échantillon le plus ancien date de 1895 (Cumins au Libéria).

Figure 1: Organisation évolutive du genre *Abelmoschus* d'après Charrier (1984) modifié.



L'existence de *A. manihot* (\*) ou de *A. tetraphyllus* en Afrique de l'Ouest n'est pas démontrée. La spéciation par amphiploïdie de *A. caillei* dans cette zone, faisant intervenir l'espèce *A. manihot*, semble difficile à admettre, au vu des aires de répartition actuellement connues.

En conclusion, les faits marquants suivants sont à retenir :

- la taxonomie du gombo, définie par Van Borssum Waalkes (1966), est trop restrictive. Elle doit nécessairement être revue;
- les nombres chromosomiques de base ainsi que les nombres diploïdes, très diversifiés, ne sont pas connus avec précision;
- le genre *Abelmoschus* manifeste une aptitude tout à fait singulière pour la spéciation par polyploïdisation;
- les deux espèces cultivées majeures ont des nombres de chromosomes élevés. Leur origine génétique est complexe et correspondrait à plusieurs amphiploïdisations successives.

(\*) Des publications, même récentes, perpétuent les confusions entre *A. manihot* et *A. caillei* (Jambhale et Nerkar, 1982).

## B.LE MATERIEL VEGETAL EN COLLECTION.

\* La collection de l'USDA de Porto-Rico.

La collection la plus importante, au niveau mondial, au début de nos travaux, était la collection de l'USDA de Porto Rico.

Un double, de 280 échantillons, nous est parvenu en 1981. Il comprend 275 *A.esculentus*, un représentant des espèces *A.moschatus*, *A.manihot* et *A.tetraphyllus*, ainsi que 2 *A.caillei* du Zaïre répertoriés sous le nom d'*A.manihot*.

La répartition par pays est portée dans le tableau 2. Celui-ci montre l'absence d'échantillons collectés en Afrique. La grande majorité de ceux-ci proviennent du bassin méditerranéen, du Moyen Orient et du sous continent Indien.

\* Les autres collections à travers le monde.

Quelques autres collections ont été répertoriées à travers le monde par l'I.B.P.G.R. (1980).

Amérique du Sud; Brésil: 200 *A.esculentus*,

Europe; Turquie: 53 *A.esculentus*,

Afrique; Nigéria: plus de 600 cultivars\*,

Inde; 800 souches dont une large part de *A.esculentus*. Des espèces sauvages y figureraient mais il est impossible de s'en procurer des échantillons.

La Papouasie Nouvelle Guinée, compte 90 souches de *A.manihot*. Leur reproduction uniquement végétative limite les possibilités d'échanges. Nous n'avons pas de duplicata de ces collections.

## II. Les principales introductions réalisées depuis 1982.

Dès 1982, l'I.B.P.G.R. a décidé un axe prioritaire de collecte et d'évaluation des cultivées de Gombo en Afrique.

Des collectes spécifiques furent organisées. Par ailleurs, conseil fut donné, lors de prospections concernant d'autres plantes, de collecter les Gombos. Le transit des graines a été assuré, le plus souvent, par le centre de distribution et de contrôle de Kew (U.K.).

-----  
\* Au Nigéria, le matériel est principalement originaire d'Afrique de l'Ouest. Cependant la répartition entre les deux espèces cultivées n'est pas mentionnée.

Tableau 2 : La composition de la collection de l'USDA.

<i>Abelmoschus esculentus</i>			
	Pays	Effectifs	
Amérique	Cuba	3	
	Guatémala	2	
	Mexique	1	
	Pérou	2	8
Europe	Turquie	116	
	Yougoslavie	13	129
Asie	Afganistan	8	
	Arabie saoudite	1	
	Iran	16	
	Pakistan	7	
	Syrie	4	
	Inde	61	
	Philippines	6	
	Taiwan	4	107
Divers	Variétés améliorées	10	
	Origines inconnues	21	31
Autres espèces			
<i>A. moschatus</i>	Inconnue	1	
<i>A. manihot</i>	Inconnue	1	
<i>A. tetraphyllus</i>	Inconnue	1	
<i>A. caillei</i>	Zaïre	2	5
		280	

### 1. Les formes cultivées en Afrique de l'Ouest.

L'Afrique de l'Ouest est caractérisée par un gradient climatique continu du Sud au Nord. Il va de la forêt tropicale humide à la zone sahélienne sèche. Les frontières entre les états de la région côtière sont parallèles. Elles leur assurent de la sorte une diversité climatique importante.

Plusieurs collectes, plus ou moins importantes, ont été réalisées en Afrique de l'Ouest ces dernières années. Nous en reprenons, ci-dessous, les principaux faits marquants. La composition de la collection ORSTOM / IBPGR, USDA exclue, est reportée dans le tableau 3.

### 1a. La collecte de Côte d'Ivoire.

Effectuée en plusieurs étapes, entre 1977 et 1980, par Siemonsma (Siemonsma, 1982), cette collecte fut l'occasion de découvrir l'importance de l'espèce *A. caillei* en Côte d'Ivoire.

En effet, sur un ensemble de 350 échantillons, prélevés sur l'a totalité du territoire, seuls 75 *A. esculentus* furent récoltés. Selon cet auteur, cette dernière est en régression et même en voie de disparition, particulièrement en zone de forêt.

### 1b. La collecte du Togo et du Bénin.

Réalisée en novembre et décembre 1982 (Hamon et Charrier 1983), la collecte du Togo et du Bénin permit de renforcer considérablement la collection.

Un total de 718 échantillons fut collecté (410 au Togo et 308 au Bénin). La répartition des échantillons ayant germé est la suivante: 354 *A. esculentus*, 267 *A. caillei* et 19 *A. moschatus* (cultivés pour des pratiques animistes).

La collecte fit apparaître l'existence d'un important polymorphisme au niveau des types de fruits et des méthodes culturales. Le gombo est cultivé soit sous forme de maraîchage autour des grandes villes, soit immédiatement autour des cases, ou dans un champ en association avec d'autres légumes (piments, poivrons, aubergines etc..). Des types originaux ont été rencontrés, en particulier, dans la zone nord, où une forme originale est cultivée en association avec le mil (*Pennisetum typhoides*).

### 1c. La collecte en Guinée.

La collecte en Guinée a eu lieu au cours de deux missions: l'une plus spécialement concernée par le riz et l'autre s'intéressant davantage aux autres céréales (Hamon *et al.* 1986). 190 échantillons de Gombo furent collectés donnant après germination 91 *A. esculentus* et 99 *A. caillei*.

Dans ce pays, l'aire de distribution de *A. caillei* s'étend dans l'Ouest, au minimum jusqu'à la frontière sénégalaise. Sa présence semble probable au Sud de ce pays.

Le ratio entre les deux espèces est égal à l'unité, ce qui laisse penser à un biais d'échantillonnage en Côte d'Ivoire où les récoltes furent réalisées sur les marchés (produits destinés à la vente).

L'aire géographique, délimitée par le triangle Dalaba-Kissidougou - Kankan (Centre Est) est à considérer avec attention. On y trouve une fréquence anormalement importante de fruits présentant des épines sur les fruits et (ou) un duvet roux sur les graines. Ces caractères sont proches de ceux de l'espèce sauvage *A. manihot*.

#### 1d. La collecte au Niger.

Réalisée par Tostain et Hamon en 1985 cette prospection avait comme objectif de collecter simultanément les formes sauvages du mil (*Pennisetum typhoides*; Tostain *et al.* 1987) et de gombo (*A.ficulneus*). Cette espèce sauvage de gombo, présente au Soudan et au Tchad Oriental, n'avait pas de limite occidentale connue. Aucun échantillon ne fut trouvé. Ce fut, cependant, l'occasion de mieux apprécier le comportement et les variétés dans les conditions limites de culture.

Au nord ou à l'est de Niamey, un type principal, quasi exclusif, est rencontré. Il se caractérise par des fruits aux arêtes particulièrement proéminentes (fruits ailés).

Les variétés cultivées dans les bas-fonds peuvent atteindre deux à trois mètres de hauteur. Plus au nord, à Agadès et dans sa région, les plantes sont très petites et manifestent une bonne résistance à la sécheresse.

#### 2. Les autres introductions d'Afrique de l'Ouest.

Des échantillons ont été reçus mais n'impliquent pas l'origine géographique des échantillons en question. Ils concernent principalement les pays suivants:

- le Burkina Faso (Jaeger et Traoré, non publié), 138 introductions,
- le Ghana (Holloway, non publié) 67 introductions,
- le Nigéria (Badra *et al.* 1983) 99 introductions.

#### 3. Les formes cultivées d'Afrique de l'Est.

Les échantillons originaires d'Afrique de l'Est sont beaucoup moins nombreux. A une exception près, ils appartiennent à l'espèce *A.esculentus*.

Seulement quatre pays sont représentés:

- deux de la zone Nord, l'Egypte et le Soudan,
- deux de la région Australe, la Zambie et le Zimbabwe.

Hassan *et al.* (1983) ont collecté différentes plantes horticoles au Soudan. Ils indiquent que le gombo est présent dans presque tous les sites.

L'espèce sauvage *A.ficulneus*, localement appelée "Efreita", fut observée mais non collectée. Aucune indication d'hybride interspécifique n'est décelable dans les descendances qui nous sont parvenues.

L'espèce *A.manihot*, mentionnée à un site, ne fut pas prélevée. Nous pensons qu'il s'agit en fait de *A.caillei*. En effet, nous avons identifié dans les descendances une introduction présentant les caractéristiques typiques des hybrides de cette espèce avec *A.esculentus*.

Attere *et al.* (1983) ont prospecté en Zambie diverses plantes dont: *Zea mays*, *Sorghum bicolor* et *Eleusine coracana*. Seuls 7 *A. esculentus* ont été collectés. Au Zimbabwe, l'échantillonnage fut plus important (70) (Toll et Gwarazimba 1983).

Tableau 3: La collection de gombo ORSTOM / IBPGR (USDA exclue)

Espèces	A.ESC	A.CAI	HYB.	A.MOS.	A.MAN.	TOTAL
BENIN	213	64	6	12		295
BURKINA FASO	144	30	2			176
CAMEROUN		23				23
CONGO		1				1
COTE D'IVOIRE	88	244		1		333
GHANA	24	23				47
GUINEE (C.)	97	94	1			192
LIBERIA		5				5
MALI	19					19
NIGER	31					31
NIGERIA	49	24				73
TOGO	206	165	8	6		385
ZAIRE	2					2
						1582
AFRIQUE DE L'EST						
EGYPTE	29					29
SOUDAN	128	1				129
ZAMBIE	24					24
ZIMBABWE	70					70
						252
ASIE DU SUD EST.						
THAILANDE	6			35	36	77
Total général						1911

Légende: A.ESC. (*A. esculentus*); A.CAI. (*A. caillei*); HYB (hybride entre *A. esculentus* et *A. caillei*); A.MOS. (*A. moschatus*); A.MAN. (*A. manihot*)

#### 4. Les formes spontanées: la collecte en Thaïlande.

La phase de collecte des formes spontanées a été initiée en 1986 par une prospection en Thaïlande et récemment au Sri-Lanka (Vredebrecht, 1987, non publié).

Une prospection a été menée dans toute la zone située au nord de Bangkok (Hamon *et al.* 1987). 78 échantillons ont été collectés comprenant 35 *A. manihot* et 30 *A. moschatus*.

La diversité des types est importante et accentue les ambiguïtés de la taxonomie développées précédemment.

L'espèce *A. manihot* se caractérise par au moins deux types extrêmes, peu ressemblants, nouveaux par rapport à ce que nous avons en collection auparavant.

Des hybrides interspécifiques, habituellement peu nombreux, entre *A. esculentus* et *A. manihot* (stérilité, sympatrisme et phénotype non ambigu) ont été observés. Des formes proches de *A. betulifolius* ont été récoltées dans la région de Chiang-Mai au nord.

### C. ECOLOGIE DES ESPECES ET DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE.

#### I. Les conditions écologiques de développement.

Les gombos sont des plantes herbacées annuelles. Certaines situations de pérennité sont rencontrées (*A. tuberosus*, *A. manihot*).

D'aspect monopodial ou buissonnant, leurs dimensions sont variables. On trouve des plantes naines, de moins d'un mètre (variétés sahéliennes de *A. esculentus*, *A. tuberosus*), et d'autres atteignant trois ou quatre mètres (certains *A. manihot*, *A. esculentus* ou *A. caillei*).

Les conditions écologiques générales, nécessaires à leur développement, sont assez proches de leurs homologues Malvacées européennes. Les formes sauvages sont peu exigeantes. Elles se rencontrent dans les habitats perturbés par l'homme (modification du couvert végétal ou du sol). En milieu tropical, les *Abelmoschus* croissent dans des zones dégagées, au bord des routes, des voies de chemin de fer, en lisière de forêt, dans les clairières.

Les espèces cultivées sont généralement adaptées aux conditions de basse altitude. Les espèces sauvages peuvent croître à des altitudes très variables.

En Thaïlande, par exemple, nous avons montré que *A. moschatus* était surtout présente en dessous de 400 mètres, alors qu'*A. manihot* se rencontre à partir de cette altitude. *A. angulosus* a été vue au Sri-Lanka à 2400m. La distinction entre les deux variétés connues d'*A. tetraphyllus* (*var tetraphyllus* et *var pungens*) repose sur leur répartition en altitude. La première se rencontre du niveau de la mer à 400 m, la seconde de 400 à 1600 m.

## II. Les aires de distribution des espèces.

Nous avons reporté sur la figure 2, la répartition des différentes espèces du genre *Abelmoschus* à partir des données les plus récentes. Elle est construite à partir de trois éléments:

- la compilation de Van Borssum Waalkes (1966) sur l'Asie du Sud Est;

- les collectes que nous avons réalisées;

- la visite des herbiers européens de Florence, Italie - Leiden, Pays Bas - Kew, Angleterre - Museum de Paris, France (Charrier et Hamon, 1982).

L'espèce cultivée, *A. esculentus*, est la plus répandue. On la rencontre dans les régions tropicales et sub-tropicales d'Amérique, d'Afrique, d'Inde. La limite extrême est constituée par la Grèce et la Turquie.

Sa culture est très ancienne dans tout le bassin méditerranéen et le Nord de l'Inde. Son importance dépend de l'intérêt porté à la plante. En Afrique de l'Ouest elle est omniprésente. En Thaïlande, elle est réduite en raison de l'utilisation d'une multitude d'autres légumes.

Son centre d'origine n'est pas bien localisé. Plusieurs hypothèses existent:

- selon Vavilov (1935), il s'agirait de la zone éthiopienne;

- selon Murdock (1959), l'origine serait ouest africaine;

- les hypothèses d'origine génétique de Joshi *et al.* (1974) impliquent l'espèce *A. tuberculatus* présente uniquement en Inde.

Il semble que la zone comprise entre l'Ethiopie et le Nord de l'Inde soit la plus probable. Incontestablement, comme nous le verrons plus loin, l'Afrique de l'Ouest constitue une zone de diversification morphologique.

L'espèce à répartition la plus large, après *A. esculentus* est *A. moschatus*. Sa présence à l'état spontané est caractérisée par de petites populations éparses ou par des plantes isolées au bord des routes ou dans les canaux d'irrigation des rizières.

Cultivée, on la rencontre à des densités très faibles. Ses fruits sont peu consommés mais les graines sont quelquefois utilisées. En Afrique de l'Ouest, au Bénin notamment, on trouve quelques plantes cultivées semées entre les jarres de réserve d'eau. Elle se rencontre également en Guadeloupe et Martinique.

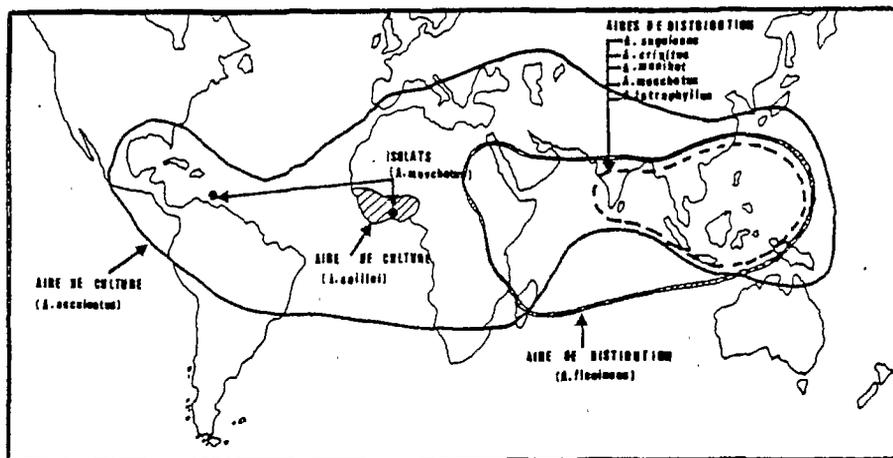
D'une manière générale cette espèce a des usages plus ou moins marginaux et mystiques. Le centre d'origine est certainement localisé en Asie du Sud-Est, entre la Thaïlande et les Philippines.

L'espèce cultivée *A.caillei* ne figurait, il a dix ans, sur aucune carte. D'après les éléments dont nous disposons et le matériel qui a été collecté nous pouvons dire que :

-cette espèce se rencontre avec une fréquence au moins égale à celle de *A.esculentus* dans la région d'Afrique comprise entre le Sénégal et le Cameroun.

-d'usage identique à celui de *A.esculentus*, les feuilles de plus grandes dimensions sont plus fréquemment consommées.

Figure 2: Répartition des espèces du genre *Abelmoschus* dans le monde



L'espèce semi-cultivée, *A.manihot* est celle pour laquelle les limites sont les plus imprécises, tout simplement par la confusion liée à la clé taxonomique et à la grande diversité des formes.

De notre point de vue, les espèces *A.tetraphyllum* et *A.manihot* ont une aire d'origine et de diversification limitée à l'Asie. Le maximum de variabilité se rencontre dans les îles indo-malaises (Java, Sumatra et Bornéo entre autres).

L'espèce sauvage, *A.ficulneus* se rencontre dans les mêmes régions que *A.manihot*. Son aire de distribution est cependant plus vaste, elle déborde en Afrique où elle se limite cependant à la partie Est du continent. Elle se développe dans des zones semi-désertiques.

Les aires de répartition des autres espèces sauvages (*A. angulosus*, *A. crinitus*, *A. tuberculatus* et *A. betulifolius* ) se situent uniquement en Asie. Les connaissances les concernant sont faibles.

Van Borssum Waalkes (1966) pensait que *A. crinitus* ne se rencontrait que dans les zones de basse altitude. Une revue des herbiers de Vredébregt (1986, non publié), montre que beaucoup d'échantillons ont été collectés entre 600 et 900 m d'altitude.

DEUXIEME PARTIE  
L'ISOLEMENT GENETIQUE  
ENTRE  
*A.ESCULENTUS* ET *A.CAILLEI*



Nous avons évoqué, au cours de la première partie, la taxonomie du genre *Abelmoschus*, l'origine génétique des espèces, et les grandes lignes de leur distribution géographique.

Nous avons montré que deux espèces de gombo sont cultivées en Afrique de l'Ouest:

-*Abelmoschus esculentus*, amphiploïde entre *A.ficulneus* et *A.tuberculatus*, est présente dans toute la zone inter-tropicale.

-*A.caillei*, amphiploïde de niveau encore plus élevé que la précédente, est endémique de l'Afrique de l'Ouest.

On se trouve dans une situation où deux espèces sont cultivées, pour un même usage, en un même lieu géographique.

Mayr (1974) mentionne trois conditions fondamentales pour que deux espèces se maintiennent si elles occupent un même territoire:

-le flux génique entre les deux populations doit être considérablement réduit ou nul;

-si les conditions de pollinisation interspécifiques sont réunies, le nombre de graines produites doit être faible;

-si, malgré tout, des descendance de première génération sont obtenues, elles doivent présenter une fertilité très faible.

Après un rappel des principales connaissances sur le mode de reproduction des gombos, nous nous proposons d'analyser les possibilités d'échanges géniques entre les deux espèces cultivées. La stérilité des hybrides sera évoquée au cours de la quatrième partie.

## A.LE POINT DES CONNAISSANCES SUR LE MODE DE REPRODUCTION.

### I.La structure florale.

Quelques études réalisées par Vankatazramani (1953), Srivastana (1963) et Parthasarathy et Sambandan (1976) ont porté sur la biologie florale du gombo.

Les fleurs de gombo, comme celles de la plupart des Malvacées, sont éphémères, hermaphrodites, axillaires, solitaires et de grandes dimensions. Quelques illustrations de la structure florale sont présentées sur la photographie 1.

Le style, central, long de plusieurs centimètres, est protégé par la colonne staminale. Les anthères, nombreuses (environ une centaine) sont disposées en cercles concentriques superposés.

Les stigmates sont regroupés chez les formes cultivées. Cependant, certaines espèces spontanées (*A.manihot*) ont les stigmates disjoints (semblables aux *Hibiscus* ornementaux).

Ils sont situés au dessus des anthères et ne sont pas en contact obligatoire avec les étamines au moment de l'anthèse. La croissance de la partie supérieure de la colonne staminale provoque, mécaniquement, un contact entre les étamines supérieures et la périphérie du stigmate.

L'ovaire comprend au minimum cinq carpelles contenant chacun entre dix et quinze ovules. Certaines formes cultivées peuvent présenter jusqu'à douze carpelles.

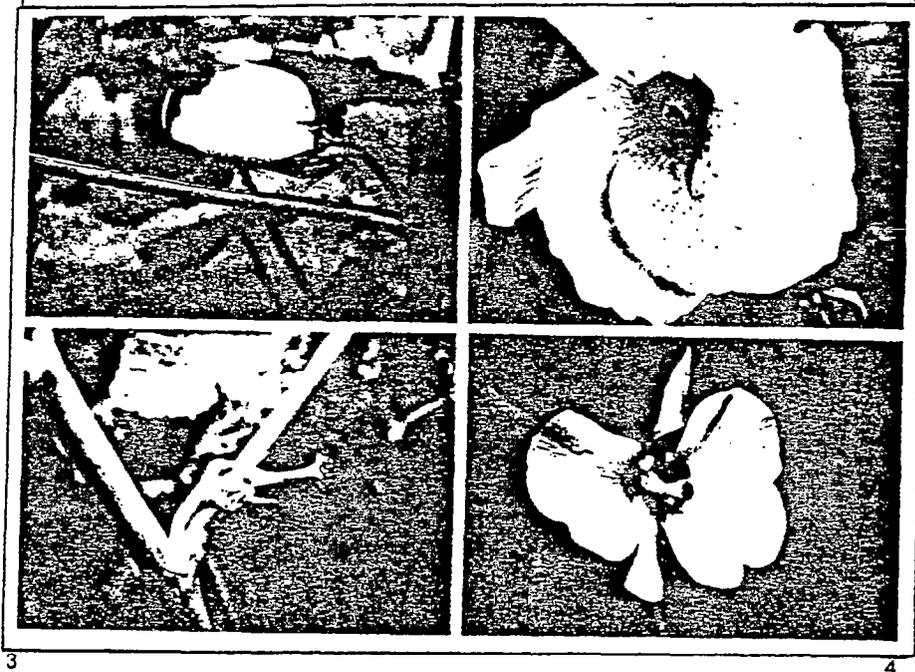
Le bouton floral qui éclora un jour donné est facilement reconnaissable la veille par un gonflement considérable. L'anthèse se produit très tôt dans la matinée. A l'aube, les fleurs sont épanouies.

La fleur demeure ouverte toute la matinée, elle se referme dans le milieu de l'après midi. Elle est fanée le soir. Les pétales tombent dès le lendemain.

La croissance du jeune fruit est immédiate et très rapide. L'ovaire de moins de deux centimètres, donne en trois jours un fruit de plus de cinq centimètres. La croissance se ralentit par la suite. Les dimensions finales, entre 10 et 45 cm, constituent un critère de reconnaissance variétale.

Les fruits des espèces sauvages ont toujours de petites dimensions et ne comportent que cinq loges. Leurs graines de dimensions plus réduites que celles des deux espèces cultivées (*A.esculentus* et *A.caillei*) ont un poids de mille graines oscillant entre 15 et 20 g, au lieu de 50 à 90 g. Les capsules sont déhiscentes à maturité.

Planche photographique 1. Quelques aspects morphologiques des fleurs de gombo (*A. esculentus*)



1. Bouton floral peu avant l'anthèse.
2. Fleur totalement épanouie, noter la grande quantité de diptères.
3. Fleur sans pétales et sans étamines, on a éliminé une partie de la protection ovarienne pour visualiser les ovules.
4. Fleur épanouie, regarder la croissance de la colonne staminale et le déversement mécanique du pollen des anthères supérieures sur les stigmates.

## II. Le mécanisme de fécondation.

### 1. L'autopollinisation.

Les premiers travaux sur la biologie florale du gombo datent de la fin de la première moitié du vingtième siècle. Les résultats sont souvent incomplets et contradictoires. Aucune publication ne relate une auto-incompatibilité. Il n'y a aucun obstacle pour que l'autopollen germe sur le style de la même fleur.

Venkatarami (1952) ainsi que Purewal et Randhawa (1957) relatent une déhiscence des anthères après l'anthèse. A l'opposé, Srivastava et Sachan (1973), Chandra et Bhatnagar (1975) estiment que le stigmate serait normalement pollinisé quatre heures avant l'anthèse.

Purewal et Randhawa (1957) montrent que la germination du pollen débute dans les quelques minutes qui suivent son contact avec les stigmates. Ils estiment le temps nécessaire pour la migration jusqu'aux ovules à deux heures, le style étant réceptif douze heures avant et après l'anthèse. En effet, suivant l'hypothèse envisagée, le gombo se comportera comme une plante strictement autogame ou allogame facultative.

La réponse n'est pas fournie par les estimations des taux d'allogamie. Chauhan *et al.* (1968) - Choudhury et Choomsai (1970) - Shalaby (1972) - Mitidieri et Vencovsky (1974) - Martin (1983), mettent en évidence une gamme de variation considérable avec des taux allant de 0 à 60%.

Pour expliquer ces différences, ils font intervenir différents paramètres tels:

- les différences d'écartements entre les plantes;
- la densité des populations d'insectes;
- les conditions écologiques d'un lieu donné.

## 2. Le régime de reproduction.

Durant la première moitié du vingtième siècle, peu de travaux ont porté sur la biologie de la reproduction des plantes.

La reprise fit suite aux synthèses des connaissances de Baker (1961) et Grant et Grant (1965) qui considérèrent les modes de reproduction sous un angle plus évolutif.

La notion de système reproductif prend ainsi, progressivement, des dimensions plus larges. Wyatt (1983) définit le "système reproductif" comme incluant tous les aspects qui affectent les contributions génétiques des individus à la génération suivante au sein d'une espèce.

Les modes de reproduction sont, en première approche, de deux types, basés sur la possibilité ou non de s'auto-féconder. Plusieurs mécanismes, chez les plantes, sont des adaptations évidentes à l'allogamie.

Néanmoins de nombreuses espèces ont évolué vers l'autogamie. L'évolution de la xénogamie (allogamie) vers l'autogamie se traduit, entre autre, par la diminution de la taille des fleurs et une modification du "coût énergétique" de la reproduction. Ce phénomène correspond fréquemment à la colonisation de nouveaux habitats.

Ornduff (1969) et Wyatt (1983) proposent une liste de caractéristiques différentes entre plantes autogames et allogames. Nous avons, en surimpression, porté les particularités des fleurs de gombo, tableau 4.

Il apparaît, dès lors, que le gombo ne s'intègre ni dans l'une ni dans l'autre des catégories. Certes, il présente principalement des caractéristiques d'une plante autogame mais conserve certaines particularités des allogames.

L'auto-compatibilité, la croissance continue de la gaine staminale, le déversement mécanique du pollen sur les stigmates, sont au contraire des éléments de plante autogame.

La couleur jaune des fleurs, visible de très loin, la partie basale des pétales (spot floral), fortement pigmentée, le stigmate violacé, constituent indiscutablement des éléments attractifs importants pour certaines catégories d'insectes.

Cruden (1976) a réalisé une synthèse sur l'évolution des systèmes reproductifs en considérant de nombreux caractères parmi lesquels ceux mentionnés ci dessus.

Le rapport pollen sur ovule (P sur O) des fleurs apparaît comme très fortement corrélé avec le régime reproductif des plantes. Il peut être considéré comme un élément conservatif.

Cet auteur ne se limite cependant pas à la partition triviale entre plante allogame et autogame mais propose une graduation régulière en cinq groupes définis par une valeur particulière de ce rapport: (Cleistogamie, autogamie "stricte", allogamie "facultative", autogamie "facultative" et allogamie obligatoire).

Nous allons, avant de présenter nos résultats, décrire le matériel et les méthodes utilisées. Certaines sont spécifiques de cette partie, d'autres sont utilisées dans l'ensemble du document.

## **B.MATERIEL ET METHODES.**

### **I.Le matériel végétal.**

Dans la première partie, nous avons présenté la composition de la collection de travail.

Lorsque nous évoquons des éléments d'ordre général sur la répartition des espèces et leur comportement, nous y faisons directement référence. Nous indiquons alors les pays concernés et la proportion des effectifs prise en compte. Ce sera le cas par exemple, pour les études de la phénologie de la floraison évoquées dans cette partie, et les études de variabilité générale présentées dans la troisième partie.

Pour certaines études particulières nous avons travaillé sur des effectifs réduits, choisis pour des objectifs et sur des critères particuliers. Il est nécessaire d'indiquer les choix faits pour chacune de ces études. Il se peut, en effet, que les résultats obtenus ne soient pas généralisables mais liées aux particularités du matériel retenu.

Tableau 4: Différences entre les plantes allogames de leurs dérivées homologues autogames d'après Wiatt (1983).

Plantes allogames	Plantes autogames
Auto-incompatibilité	Auto-compatible *
Nombreuses fleurs	Peu de fleurs ( par jour *)
Longs pédicels	Petits pédicelles *
Pétales de grande surface *	Petits pétales
Corolle enroulée	Corolle cylindrique *
Pétales découpés	Pétales entiers *
Présence de nectar *	Nectar réduit ou absent
Fleur parfumée	Fleur inodore *
Guides nectarifères	Pas de guide nectarifère *
Longues anthères	Anthères courtes *
Déhiscence extrorse des anthères *	Déhiscence introrse
Anthères distantes des stigmates	Anthères adjacentes aux stigmates *
Nombreux grains de pollen *	Peu de grains de pollen
Long pistil *	Pistil court
Etamines plus longue que le pistil	Etamines plus courtes que le pistil*
Style extérieur	Style intérieur*
Surface stigmatique bien définie *	Surface peu définie
Réceptivité style et anthers différées	Réceptivité synchrone *
Nombreux ovules par fleur *	Peu d'ovules par fleur
Nombreux ovules n'allant pas à maturité	Tous les ovules vont à maturité *
Des fruits avortent	Pas d'avortement des fruits *
Endémisme	Large distribution *
* (7)	* (15)

NB: Les particularités des fleurs de gombo sont marquées d'un \*.

### 1. Pour la phénologie de la floraison et de la fructification.

L'étude de la phénologie de la floraison est basée sur un ensemble représentatif de 1083 introductions semées et évaluées dans les mêmes conditions de culture et de développement.

Chaque échantillon, lors de son introduction en collection, reçoit un numéro d'ordre. Celui-ci est unique, ne peut être réutilisé et permet une identification rapide de son origine. Nous nous référerons à ces numéros.

Si au moment de la multiplication, l'échantillon se révèle comme présentant un phénotype stable, reproductible d'une génération à la suivante, ce numéro est conservé. Sinon de nouveaux numéros sont affectés aux différents types.

Pour l'étude du recouvrement des cycles de reproduction, nous nous sommes limités à dix variétés de chaque espèce dont la liste et les origines sont reportées dans le tableau 5.

### 2. Pour l'étude de la biologie florale.

L'étude de la biologie florale du gombo est couplée à une analyse de la transmission de l'hérédité de nombreux caractères qualitatifs et à l'héritabilité de paramètres quantitatifs. Celle-ci est menée au sein du laboratoire par J. Koechlin (non publié).

Nous avons retenu des géniteurs très différents entre eux et recouvrant la plus grande partie du domaine de variation observé. Les études de biologie florale ont été réalisées sur des échantillons de *A. esculentus* dont la liste et les principales caractéristiques sont reportées dans le tableau 6.

Les principaux types sont choisis tels que:

- très précoces (772) à très tardifs (958);
- de petite taille (772) ou de grandes dimensions (1372);
- de couleur verte (1506,1043) ou très anthocyanés (776);
- aux fruits courts (1506), longs (803, 2137), larges (1051);
- avec des marqueurs peu communs;
  - + fruits granuleux (1159),
  - + inflorescences surnuméraires (1347),
  - + fruits à surface lisse (1043).

### 3. Pour l'allogamie.

Deux essais simultanés ont été mis en place. Le fond pollinisateur est constant pour un essai donné:

-Dans le premier, le pollinisateur est constitué par la variété ORS 803 (*A.esculentus.*) ;

- Dans le second, il s'agit de la variété ORS 520 (*A.caillei* ). Elle est l'une des formes les plus précoces de cette espèce. Sa coloration générale est jaune-verdâtre. Ses fruits sont petits et globuleux.

Les plantes réceptrices sont intercalées. Les onze géniteurs femelles intervenant sont les suivants:

<i>A.esculentus</i>	ORS 803, ORS 958, ORS 1051, ORS 1467, ORS 1506, ORS 2137 et Clemson Spineless
<i>A.caillei</i>	ORS 451, ORS 520
<i>A.manihot</i> spp. <i>manihot</i>	ORS 592
<i>A.manihot</i> spp. <i>tetraphyllus</i>	ORS 278

Tableau 5: Liste des variétés utilisées pour l'étude des recouvrements des phases reproductives.

---

Clemson Spineless	U.S.A	372	C.Ivoire
1134	Togo	451	C.ivoire
1135	Togo	520	C.ivoire
1147	Togo	979	Togo
1248	Togo	1256	Benin
1372	Benin	1378	Benin
1397	Benin	1384	Benin
1462	Benin	1557	Benin
2153	Soudan	1572	Guinée
2163	Soudan	2415	Guinée

---

Tableau 6: Origine et principales caractéristiques des variétés utilisées pour les études de la biologie florale entière.

Références	Pays d'origine	Caractéristiques
ORS 772	Burkina Faso	Très précoce, port rampant, fruits "aillés", feuilles charnues.
ORS 776	Burkina Faso	Fruits à dehiscence incomplète, peu de rameaux, coloration bordeaux
ORS 803	Burkina Faso	Précoce, petite plante, couleur rouge, fruits très longs.
ORS 958	Togo	Très tardif, feuilles entières, coloration vert foncée.
ORS 1043	Togo	Coloration verte, feuille entière, fruits lisses et longs
ORS 1051	Togo	Coloration vert clair, fruits très globuleux "joue d'agouti".
ORS 1159	Togo	Coloration bronze à anthocyanée, Fruit triangulaire à surface granuleuse.
ORS 1347	Bénin	Grande plante, pourpre, boutons floraux surnuméraires soudés au pétiole.
ORS 1355	Bénin	Bonne production, fruits à surface granuleuse particulière.
ORS 1372	Bénin	Très grande taille, "gombo de mil", peu de rameaux, fruits à 5 arêtes.
ORS 1467	Bénin	Coloration générale vert clair, feuille entière, fruits blancs.
ORS 1506	Bénin	Petite plante, entre noeuds courts, petits fruits à 5 arêtes, productive.
ORS 1551	Bénin	Parmi les plus tardifs, rameaux longs, feuille entière
ORS 2137	Soudan	Feuille laciniée, coloration verte typique du fruit, grande plante.
Clemson Spineless		Précoce, feuille laciniée, fructification groupée. Témoin cultural.

## II. Méthodes.

### 1. Identification et cartographie des espèces.

La cartographie d'une répartition d'espèces nécessite que l'on puisse les discriminer rapidement. Lors d'une collecte dans un village, les échantillons proposés par les paysans sont constitués de fruits séchés (rarement de graines). La distinction entre les deux espèces par les critères botaniques usuels ne sont pas possibles. Les cultivateurs reconnaissent les deux espèces mais les considèrent comme deux variétés différentes (précoce et tardive). Les prospecteurs généralistes ignorent, la plupart du temps, l'existence même de *A.caillei*. Il s'en suit que nous recevons des échantillons avec des spécifications incorrectes.

L'expérience acquise permet un bon niveau de reconnaissance en utilisant deux méthodes (le détail des données fait partie des résultats):

-le premier niveau de reconnaissance peut se faire dès la collecte par observation du type de fruit (Planche photographique 2). La variabilité de forme des fruits de *A.caillei* est moins importante que celle de *A.esculentus*. Ainsi, des fruits d'une longueur supérieure à 20 cm, dont les arêtes sont marquées appartiennent à *A.esculentus*. Il est possible de distinguer facilement les deux espèces par le duvet noir présent, presque systématiquement, sur les fruits séchés de *A.caillei*.

-la deuxième méthode peut être mise en oeuvre au moment de la réception des échantillons par électrophorèse d'enzymes sur les graines. Les zymogrammes PGI, MdH, IdH permettent l'identification sans ambiguïté.

### 2. L'interruption de l'autopollinisation.

Nous avons artificiellement interrompu le processus de pollinisation en coupant le style dans sa partie supérieure soit dans la zone située immédiatement en dessous des stigmates.

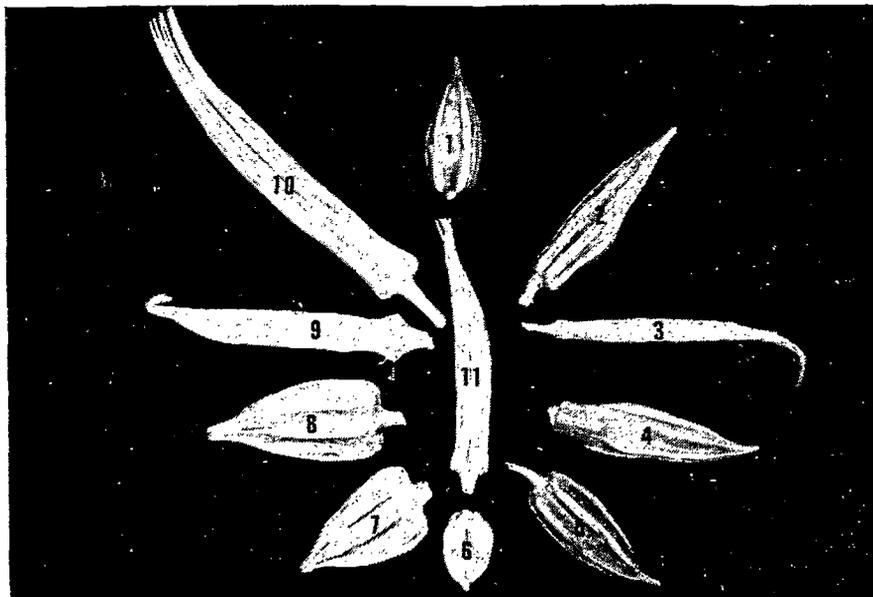
De cette manière, en dehors de tout autre phénomène, seuls les pollens ayant germé et dépassé cette limite sont susceptibles de réaliser une fécondation.

Les coupures ont été réalisées systématiquement à 7, 9, 11 et 14 heures, dans quelques cas à 16 heures.

Pour chaque combinaison variété-heure, nous notons:

- le taux de nouaison,
- le nombre de graines formées par fruit,
- le poids des graines.

Planche photographique 2: Principaux types de fruits secs observés pour les deux espèces de gombo cultivées.



### 3. Réalisation d'hybrides contrôlés.

#### 3a. La méthode classique

Le gombo étant une plante hermaphrodite, autocompatible, il est indispensable de prendre quelques précautions pour le contrôle de pureté des hybrides.

- La castration mâle ou émasculature.

Les boutons floraux qui s'épanouiront le lendemain sont aisément reconnaissables. A l'aide d'une pince fine, on élimine successivement les sépales et les pétales. La gaine staminale, entourant le style est dès lors accessible. On élimine les étamines par grattage avec la pince de haut en bas. La colonne staminale n'est pas retirée. On recouvre l'ensemble avec un sac en papier sulfurisé et on laisse ainsi jusqu'au lendemain matin.

-Le choix du pollen.

Dans le même temps, on choisit les fleurs qui serviront de donneuses de pollen. Elles sont simplement ensachées.

### -La fécondation.

L'anthèse, dans les sachets, se déroule normalement. Le pollen est disponible en quantité importante. Une fleur permet d'effectuer sans problèmes, par simple contact, la pollinisation de cinq styles. Après le dépôt on remet un nouveau sachet. La longueur du pédoncule floral est suffisante pour y placer l'étiquette de référence. Le sachet, la plupart du temps, tombe un à deux jours plus tard en même temps que le style. Dès lors il n'y a plus aucun risque de contamination dès le lendemain de la pollinisation.

### 3b. La méthode sans émascation.

Dans certaines situations particulières, nous avons modifié la technique classique, dans ce cas l'émascation n'est pas effectuée. Le dépôt pollinique se fait sur la zone centrale des stigmates.

### 3c. Le taux de nouaison.

Une fleur est considérée comme ayant noué lorsqu'un fruit se développe. Cela ne préjuge pas du nombre d'ovules fécondé ni du nombre de graines. Le taux de nouaison est donc la proportion, exprimée en pourcentage, de fleurs donnant un fruit après pollinisation.

### 4. Essais d'allogamie.

Les parcelles unitaires sont de formes rectangulaires. Elles sont de dimensions et d'orientation identiques. Elles sont séparées par des rangées de plants de maïs.

Les plantes sont équidistantes dans toutes les directions (50 cm). Une parcelle comprend 24 lignes et 33 rangées. Le nombre de plantes à chaque point est d'une ou deux (\*). Deux blocs adjacents séparés par quatre lignes constituent les répétitions. Les récepteurs sont séparés entre eux et de la bordure par cinq rangées.

Les plantes réceptrices n'ont pas toutes la même précocité de floraison. Les semis sont donc réalisés en décalé pour que leur floraison soit synchronisée avec celles des pollinisateurs.

La floraison du gombo débute en moyenne deux mois après le semis. Elle se traduit, pour une plante donnée, par l'émission d'une première fleur. Une nouvelle fleur est émise ensuite au rythme d'une tous les deux à trois jours.

---

(\*) Cette méthode préventive permet de pallier la disparition ou le mauvais développement au cours de la croissance.

Pour une variété donnée, il y a cependant une phase de mise en place progressive liée au comportement individuel de chaque plante. On peut considérer que l'on a atteint un niveau stationnaire de floraison dix jours environ après l'apparition de la première fleur sur la plante la plus précoce. La période de floraison stationnaire pour ORS 803 dure un mois. Pour la variété ORS 520, la période stationnaire est plus longue.

Elle est interrompue artificiellement par coupure des tiges et rameaux. Les fruits résultant de pollinisation "ouverte" correspondent tous à des fleurs pollinisées sur une période maximale d'un mois, située entre le trente octobre et le trente novembre.

Le problème pour ce genre d'essai est de pouvoir identifier avec précision les hybrides. Nous avons choisi des situations simples.

Les variétés d'*A. esculentus* choisies sont de couleur verte (sauf ORS 803), la transmission de la coloration rouge est dominante en F1.

Pour les autres espèces, l'identification de la nature inter-spécifique des hybrides ne pose aucun problème (cf. partie 4).

#### 5. L'estimation du rapport (Pollen sur ovule).

Pour chaque variété, le rapport pollen sur ovule est estimé par comptage sur un ensemble de trente fleurs pour le nombre d'ovules par fleur ainsi que le nombre d'anthères.

Le nombre de grains de pollen contenu dans une anthère est estimé sur trente anthères tirées au sort dans la population des anthères collectées sur les trente fleurs précédentes.

Pour comparer les données aux résultats de Cruden (1976) on calcule ensuite le logarithme décimal de ce rapport.

### **C. ISOLEMENT GEOGRAPHIQUE ET PHENOLOGIQUE.**

#### **I. Répartition éco-géographique.**

##### 1. Bref rappel de la végétation et de l'écologie en Afrique de l'Ouest.

On peut définir en première approche trois zones typiques de végétation du sud au nord:

- au sud la zone de forêt sempervirens;
- au milieu la zone de savane, forêt semi-décidue;
- au nord, au delà du 10 et 11° N, la zone sahélienne.

On passe progressivement d'un régime pluviométrique à deux saisons des pluies (juin-septembre) avec des précipitations de l'ordre de 1500 à 2000 mm à un régime à une seule saison (juillet) avec une pluviométrie de quelques centaines de millimètres les bonnes années.

L'organisation des limites de zone n'est pas parallèle aux lignes de latitude. Le massif du Fouta Djallon à l'ouest, les montagnes camerounaises à l'est ainsi que la chaîne de l'Attakora au centre contribuent à créer des perturbations.

La frange forestière est très large à l'ouest, elle couvre la totalité du Libéria et de la Sierra Léone. En Côte d'Ivoire, l'incursion de la savane est bien connue dans le " V Baoulé". La part relative de la forêt décroît d'ouest en est pour devenir quasi inexistante au sud du Togo et du Bénin. Puis progressivement la forêt redevient plus importante au Nigeria et au Cameroun.

Le Mali, le Burkina Faso et le Niger, sont de climat typiquement sahélien avec une évolution vers les zones désertiques (300 mm de précipitations annuelles) que l'on peut situer au voisinage du 18° degré de latitude Nord.

## 2. Les aires de culture des deux espèces.

Nous avons reporté sur les figures 3 et 4 la localisation des échantillons en fonction de leurs coordonnées géographiques de prélèvement. Pour plus de clarté, les aires des deux espèces sont présentées sur des cartes différentes.

### 2a. La région sahélienne.

L'absence de *A. caillei* en zone sahélienne est nette. Un seul échantillon fut collecté au nord de l'axe Bobo Dioulasso-Niamey. Il fut vraisemblablement introduit lors de migration de populations locales (Mossi ou Daguari) et a peu de chance de s'y maintenir.

*A. esculentus* est par contre abondant. Sa raréfaction ne commence qu'au delà du 13-14° Nord. Dans la région d'Agadès au Niger, le phénotype des plantes et plus particulièrement des fruits est adapté aux faibles précipitations. Les plantes sont cultivés à plat. Elles sont caractérisées par de petites tailles et des fruits particulièrement aristés. La culture en bas fond est assez rare, on y trouve des plantes phénotypiquement proches mais de dimensions plus importantes.

### 2b. La zone de savane intermédiaire.

Cet espace géographique est occupé à part égale par les deux espèces. Elles sont reconnues, par les paysans, comme gombo de saison des pluies (*A. esculentus*) et gombo de saison sèche (*A. caillei*), ce qui correspond à la saison de récolte des fruits.

La saison des semis est synchrone avec le début des pluies. *A. esculentus*, précoce, produit pendant celle-ci alors que *A. caillei*, tardif, se développe végétativement et ne fleurit que plus tard.

Figure 3: Répartition éco-géographique de *A. esculentus*.

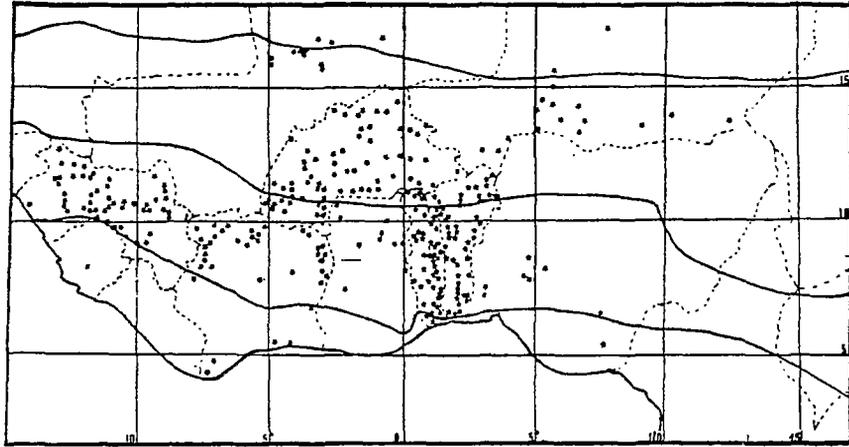
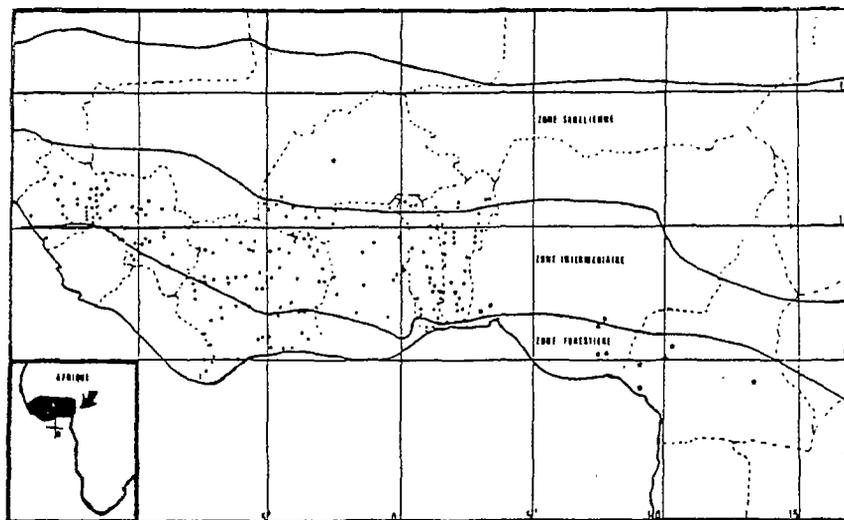


Figure 4: Répartition éco-géographique de *A. caillei*.



La culture d'*A.esculentus* est souvent associée au maraîchage semi-intensif. On trouve des parcelles composées uniquement d'une variété avec une densité importante.

A l'opposé, *A.caillei* est plus fréquemment une culture de case ou une culture associée. On rencontre quelques plantes isolées près des habitations. On la rencontre également dans deux types de champs:

- des champs consacrés à une monoculture, comme l'igname,
- des champs mixtes où l'on trouve d'autres légumes (aubergines, piments, etc.), des tubercules (taro) etc...

### 2c.La région forestière.

Dans la région forestière, d'une manière générale, les paysans accordent peu d'importance au gombo. Le nombre de variétés diminue très nettement. Ils reconnaissent encore la distinction entre les deux espèces *A.esculentus* n'est plus cultivée qu'en zone de maraîchage aux abords des villes. L'aptitude particulière de *A.caillei* à survivre lorsque la pluviométrie est suffisante, ses possibilités d'émettre des repousses après recépage, font qu'en zone forestière cette espèce peut se maintenir d'elle même, quelquefois plus d'une année.

### 2d.La répartition au Togo et au Bénin.

Nous avons, au cours de la prospection au Togo et au Bénin (Hamon et Charrier, 1983), fait une évaluation du nombre moyen de cultivars par village en fonction des espèces et des régions.

Les résultats sont reportés dans le tableau 7. Les régions sont ordonnées du sud au nord. On remarque immédiatement que pour un nombre comparable de villages prospectés au Togo et au Bénin, le nombre total de cultivars collectés est de 25% inférieur au Bénin. Au Togo, la moyenne générale par village est de quatre, elle atteint à peine trois au Bénin.

Du sud au nord pour l'ensemble des deux pays on peut noter une progression du nombre de cultivars de *A.esculentus*. Le nombre est voisin de l'unité au sud, elle augmente et se maintient à deux dans la zone intermédiaire et atteint quatre en zone de savane au Togo.

Par contre, pour la seconde espèce cultivée, on a entre 1,8 et 2,4 cultivars dans les régions du sud mais seulement 1 en savane.

Au Bénin la fréquence de *A.caillei* est plus faible et constante, voisine de l'unité. Il semble que sa culture dans ce pays revête une moindre importance.

Tableau 7 : Répartition des deux espèces cultivées au Togo et au Bénin

Pays	Nb villages	Nb variétés	A.esculentus		A.caillei		Moy. gen.
			Moy.	s.	Moy.	s	
TOGO							
Maritime	12	36	1.1	1	1.8	1.4	3.0
Plateaux	23	100	1.9	1.3	2.4	2.3	4.3
Centrale	28	120	2.0	1.6	2.3	1.9	4.3
Savanes	14	74	4.2	2.4	1.1	1.0	5.3
	77	330					4.3
BENIN							
Mono-Ouémé	18	29	0.9	0.9	0.7	0.6	1.6
Zou	16	41	2.0	2.7	1.0	0.8	2.6
Borgou	26	91	2.7	1.5	0.9	0.8	3.5
Atakora	22	84	2.9	1.5	0.9	0.8	3.8
	82	245					2.9

Légende: s=Ecart type; Moy. =Moyenne; NB=nombre; Gén.=Générale.

### 3. Bilan des répartitions.

Les données dont nous disposons permettent de préciser les aires respectives de culture des espèces *A.esculentus* et *A.caillei*.

En Afrique de l'Ouest, d'ouest en est on observe:

-en zone intermédiaire de savane, les deux formes sont cultivées avec des fréquences voisines. On trouve en moyenne deux cultivars de chaque par village;

-en zone aride, sahélienne, au nord d'une ligne Bamako - Bobo Dioulasso - Niamey, *A.caillei* disparaît totalement. *A.esculentus* subsiste et demeure tant que le développement d'une plante est possible;

-en zone de forêt, *A.esculentus* est peu répandu alors que *A.caillei* devient presque exclusif.

L'isolement géographique des deux espèces est important dans les zones extrêmes (sahel, forêt). Néanmoins, un recouvrement des aires de cultures existe sur près de cinq degrés de latitude.

Cette sympatrie est toutefois réduite par la dissociation des modes d'exploitation. L'espèce précoce est plus souvent rencontrée sous forme de populations denses, en zone d'exploitation maraîchère ou en bas fonds. L'espèce tardive connaît une culture plus dispersée soit aux abords des habitations, soit en association avec d'autres cultures.

## II. Synchronisme des floraisons.

La phénologie de floraison-fructification du gombo obéit à un modèle particulier. Après une phase végétative, caractéristique du génotype et des conditions de milieu, il y aura initiation de boutons floraux au niveau de l'apex.

Le synchronisme de floraison, préalable à une éventuelle hybridation, dépend de deux facteurs:

- la précocité de première floraison,
- la durée de la phase florifère.

### 1. La précocité de première floraison.

Nous avons noté systématiquement lors d'un essai comparatif, la date de première floraison sur un ensemble de 1083 introductions (660 *A.esculentus* et 423 *A.caillei*) pour lesquelles nous disposons des coordonnées exactes du point de prélèvement.

Afin de faciliter la représentation graphique, nous avons regroupé les données correspondantes aux zones écologiques définies par tranches latitudinales 4-8°N, 8-12°N et plus de 12°N correspondant respectivement à la zone littorale à dominante forestière, la zone de transition et la zone sahélienne.

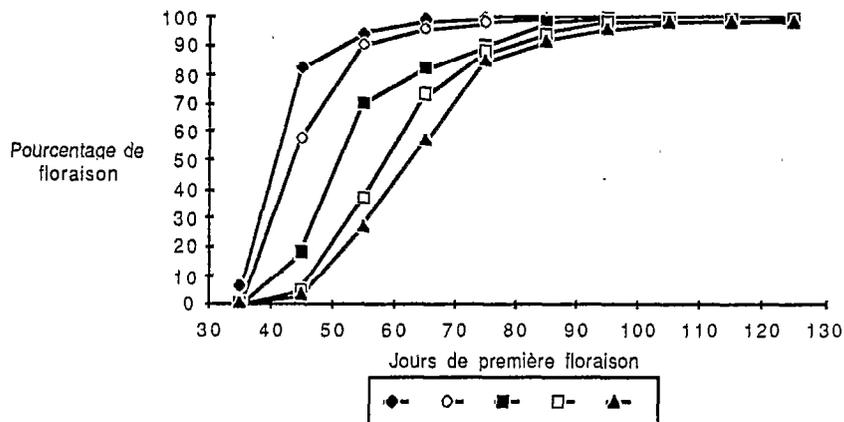
La représentation des fréquences cumulées pour chaque catégorie est reportée sur la figure 5.

Les échantillons sahéliens de *A. esculentus* sont les plus précoces, certains peuvent fleurir moins d'un mois après le semis. Cinquante pour cent ont fleuri à environ 45 jours. En zone de transition, un décalage d'une vingtaine de jours sépare les deux espèces cultivées. La différence est du même ordre pour les formes de forêt.

Pour une même espèce la précocité diminue lorsque l'on se rapproche de l'équateur. Entre une variété de *A. esculentus* originaire de la région sahélienne et une de *A. caillei* provenant de forêt dense, le décalage pour les variétés les plus précoces de chaque catégorie sont minimales.

Par contre, les plus tardives chez la première ont toutes fleuri à 60 jours alors qu'à 120 jours certaines variétés de la seconde n'ont pas encore émis leur première fleur.

Figure 5: Floraison des deux espèces en fonction de la latitude du point de prélèvement.



**Légende:** De gauche à droite dans le rectangle ci-dessus les symboles représentent *A. esculentus* (Prélèvement au nord du 14°N, entre le 12° et le 8°N, entre le 8° et 4°N) *A. caillei* (Prélèvement entre le 12° et 8°N, entre le 8° et 4°N)

## 2.L'amplitude de floraison.

Nous avons effectué une expérimentation en utilisant dix variétés de chaque espèce toutes semées en même temps. Nous avons chaque semaine récolté tous les fruits et noté la période pendant laquelle les variétés pouvaient produire en se plaçant dans les conditions les plus favorables.

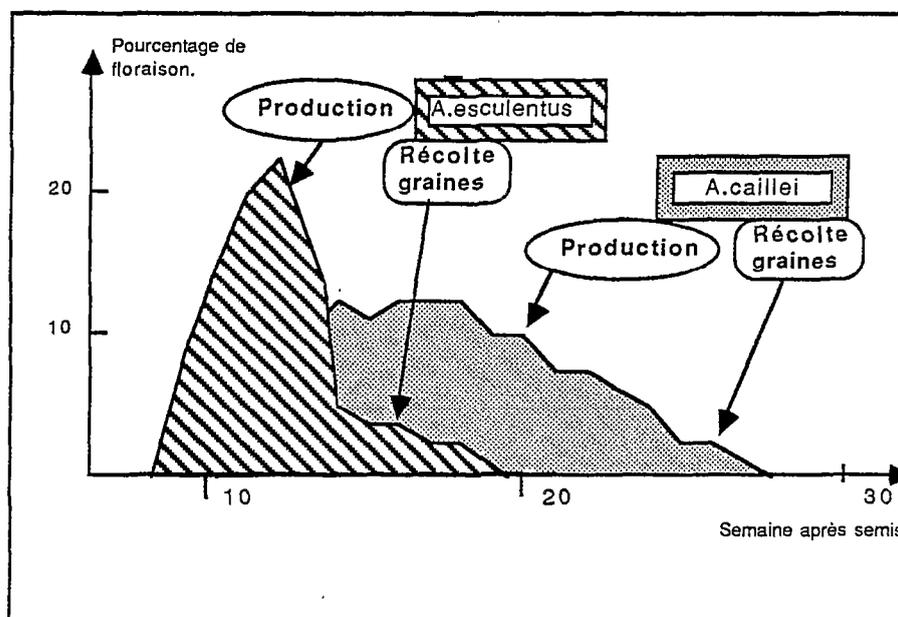
En effet, l'élimination des fruits formés augmente la durée du cycle de production (Siemonsma, 1980). L'énergie nécessaire au développement et au remplissage des fruits est détournée au profit d'une fructification complémentaire.

Nous ne détaillerons pas le comportement de chacune des 20 variétés, le chevauchement étant assez important au sein d'une même espèce. Seule Clemson Spineless se caractérise par une précocité supérieure et une durée de production plus courte par rapport aux autres *A.esculentus*. Pour *A.caillei* une même précocité se manifeste avec ORS 520 (Côte d'Ivoire - Nord) et ORS 2415 (Guinée - Nord).

La floraison s'étale sur une période de 13 semaines. Sur la figure 6 nous avons représenté les cinétiques de floraison- fructification.

Pendant les trois premières semaines, seule *A.esculentus* fleurit. Au delà de la 11ème semaine, seule *A.caillei* émet des fleurs. Pour les variétés de *A.esculentus* l'arrêt est brutal. Il y a donc une période de recouvrement pendant 8 semaines.

Figure 6: Phénologie comparée de floraison pour les deux espèces de gombo: *A.esculentus* et *A.caillei*.



Cette période de chevauchement se caractérise par trois phases distinctes:

- de la 4ème à la 6ème semaine, la floraison de *A.esculentus* est la plus importante,
- pendant une très courte période il y a équivalence,
- au delà de la 6ème semaine, le maximum de floraison est observé chez *A.caillei*.

Ainsi, si l'on admet que la proportion d'hybrides éventuels est directement corrélée à la quantité de fleurs émises, le sens d'une éventuelle hybridation, fonction des disponibilités relatives entre pollen et ovules, ne sera pas une constante au cours du temps.

A ces observations, il faut ajouter une remarque importante. Dans les conditions de culture traditionnelle, les fruits qui serviront pour le semis de la saison suivante sont récoltés sur les parties supérieures des tiges. Ils correspondent, par conséquent, aux dernières fleurs émises.

En tenant compte de cette stratégie, la probabilité de récolter des fruits avec des graines hybrides, est supérieure avec *A.esculentus* femelle. A la limite il y a très peu de chances pour que des fruits correspondant au croisement dans l'autre sens puissent servir pour la semence.

## D.LE MODE DE REPRODUCTION DES GOMBOS.

Nous venons d'étudier trois aspects des relations reproductives entre les deux espèces cultivées de gombo:

- la distribution éco-géographique en Afrique de l'Ouest;
- les différences de précocité entre les deux espèces;
- les possibilités de recouvrement des périodes de reproduction.

Quelles sont les possibilités d'échanges polliniques dans des conditions de floraison simultanée? Pour répondre à cette question il est nécessaire de comprendre, au préalable, comment se reproduisent les gombos. Nous avons décrit les particularités de ces fleurs. Nous avons vu que les données sur les mécanismes d'autopollinisation étaient contradictoires.

Nous présentons, ci-après, les résultats obtenus sur le mécanisme d'autopollinisation et les taux d'allogamie observés.

### I.Le processus naturel de fécondation.

Les expérimentations ont été réalisées sur dix variétés. Le processus de pollinisation a été interrompu artificiellement par coupure des stigmates à différentes heures de la journée.

### 1. Evolution générale.

Les données complètes sont reportées en annexe 3. Chaque point de la figure 7 correspond au taux de nouaison moyen obtenu à partir de l'ensemble des variétés.

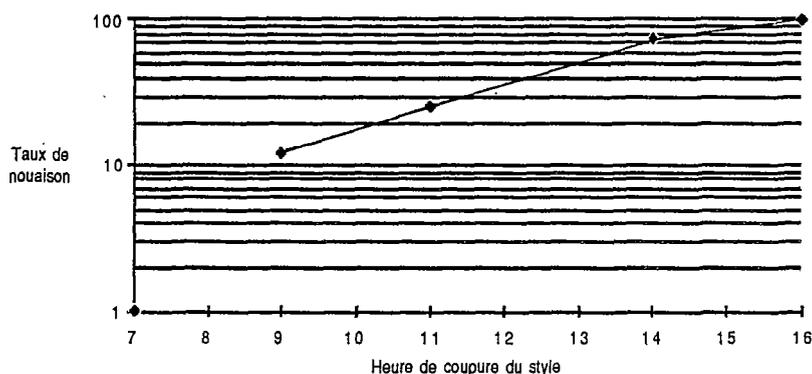
La progression du taux de nouaison entre neuf et quatorze heures suit une loi log-linéaire. Les données sont les suivantes:

-à neuf heures, environ 25% des fleurs traitées donneront un fruit; à quatorze heures ce taux dépasse 75%;

-une extrapolation au point 100%, confirmée avec les variétés les plus tardives et coupure à seize heures, suggère que la nouaison complète n'intervient vraisemblablement qu'en fin d'après midi;

-le point sept heures n'est pas situé sur la droite. En effet presque tous les styles coupés à ce moment induisent la chute.

Figure 7: Progression moyenne du taux de nouaison en fonction de l'heure de coupure du style chez *Abelmoschus esculentus*.



Il apparaît donc à l'évidence que la pollinisation est un phénomène progressif. A sept heures du matin, la quantité de pollen ayant germé est assurément insuffisante pour assurer une nouaison. L'allure de la courbe laisse entrevoir la nécessité d'une quantité minimale de fécondations pour qu'un fruit se développe.

### 2. Caractéristiques individuelles de quelques variétés.

L'évolution générale est assez claire, elle cache cependant une diversité sous-jacente. Nous l'avons visualisée sur la figure 8 pour trois variétés aux comportements différents:

- la variété ORS 1467 noue le plus rapidement;
- la variété ORS 1043 est la plus lente;
- la variété ORS 1506 se situe en position intermédiaire.

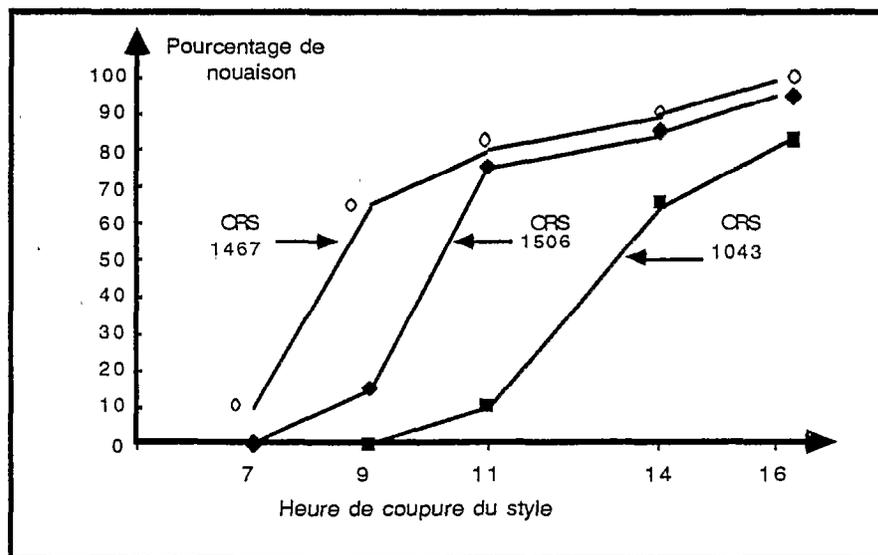
La situation la plus fréquemment rencontrée est un comportement intermédiaire entre celles des deux variétés ORS 1506 et ORS 1043.

### 3. Vue synthétique de l'autopollinisation.

#### 3a. Un nombre minimum de fécondations réussies: condition de nouaison.

Lorsque nous avons étudié la cinétique de nouaison, nous avons récolté l'ensemble des fruits produits. Aucun fruit, parvenu à maturité, ne possède un nombre de graines inférieur à quarante. Cette observation laisse sous entendre qu'il faut qu'un minimum d'ovules soient fécondés pour que le fruit se maintienne. Celui-ci ne semble pas être identique pour toutes les variétés.

Figure 8: Diversité des cinétiques de nouaison pour trois variétés.



La variété ORS 1467 exprime la cinétique de nouaison la plus rapide. Elle est capable de développer un fruit avec moins de 50 graines. A l'opposé la variété Clemson Spineless, très lente, semble nécessiter un coefficient de remplissage beaucoup plus important.

Le nombre initial d'ovules disponibles, pour une variété donnée est génétiquement prédéterminé. Il dépend du nombre de carpelles du fruit, caractéristique variétale, une loge carpellaire contenant entre 10 et 15 ovules.

Une variété dont les fruits ont cinq loges telle ORS 1506 disposera de 50 à 75 ovules, une autre à 8 loges telle ORS 803 possèdera de 80 à 120 ovules.

La progression n'est pas tout à fait régulière mais, en moyenne, le nombre de graines compté par fruit augmente régulièrement plus l'heure de coupure du style est tardive. Cependant, elle est :

- limitée pour les variétés ayant un potentiel initial faible (Ex. ORS 1506);

- relativement forte pour ORS 1051, ORS 1347, ORS 1467 capables de nouer avec peu d'ovules fécondés mais possédant un stock d'ovules important;

- fluctuante et difficile à analyser pour les variétés ORS 803 et ORS 2137 dont le comportement est très variable;

- constante mais toujours située à un niveau élevé pour la variété Clemson Spineless.

### 3b.Le processus dans son ensemble.

Nous avons réalisé une analyse en composantes principales (\*) en utilisant simultanément toutes les variables. Le plan factoriel (1x3) donne une bonne vision du phénomène, il recouvre 65% de l'inertie totale figure 9.

Les variables sont symbolisées par des flèches de direction et de longueur fonction de leur corrélation avec les axes. Les points correspondant à une heure de coupure donnée, quelle que soit la variété, sont représentés de la même manière. Les situations particulières sont indiquées par une flèche.

Le premier axe permet de séparer le nuage des points correspondant aux coupures réalisées à quatorze heures de celles opérées à neuf et onze heures. Il se caractérise par une augmentation du taux de nouaison associée à une augmentation du nombre de graines dans les fruits. Par contre, le poids de mille graines diminue. Ceci traduit une chute du poids des embryons (graines sans albumen), les dimensions des graines demeurant identiques.

L'axe trois, discrimine les deux autres nuages. Entre neuf heures et onze heures, le taux de nouaison augmente, le poids de mille graines baisse légèrement. Ce qui semble le plus difficile à comprendre est la baisse relative du nombre de graines dans les fruits à onze heures.

---

(\*) La méthodologie d'analyse multivariée est détaillée dans le chapitre méthodes de la troisième partie.

En fait, la plus grande diversité s'exprime dans ce nuage. Ceci s'explique aisément lorsque que l'on considère les différences de vitesses de nouaison individuelles:

-ORS1355 et ORS1043 manifestent un retard de nouaison, leurs graines sont par contre plus lourdes.

La variété ORS1043 présente un retard de deux heures;

-ORS772 se comporte comme les autres aux temps sept heures et neuf heures, mais demeure en retrait à onze heures. Cette plante d'origine sahélienne possède une architecture très particulière (\*);

-ORS1051 semble évoluer très lentement, les points neuf heures et onze heures sont proches l'un de l'autre mais demeurent cependant en retrait du nuage global de neuf heures;

-ORS2137 réagit à onze heures comme si elle était sous l'effet d'une hyper-réaction, elle se place à une position située en dehors du nuage de quatorze heures;

-ORS1467 est assurément la plus originale. Non seulement, elle est capable de réaliser des nouaisons dès sept heures mais elle peut nouer avec 50 graines, très loin de ses capacités maximales (voisines de 100). Son point neuf heures se place au sein du nuage de onze heures celui de onze heures s'intègre dans le nuage de quatorze heures.

## II.L'allogamie estimée.

Le processus d'autopollinisation est progressif et s'il n'y a pas de phénomènes parasites tels des interactions pollen-style, un dépôt de pollen étranger sur les stigmates devrait, en fonction de l'heure à laquelle il est effectué, produire des taux d'hybrides différents. Que se passe-t-il dans les conditions réelles de zone tropicale humide ?

### 1. Pollinisations forcées.

La pollinisation de la variété ORS 1506, de couleur verte, a été effectuée, à différentes heures de la matinée (8,9,10,11,12 heures), par la variété ORS 803, de couleur rouge. La F1 est constituée de plantes rouges, aisément reconnaissables. Les résultats obtenus concernant les taux de germination et les pourcentages de plantules hybrides, pour chaque heure, sont reportés dans le tableau 8.

Le nombre d'hybrides diminue en fonction de l'heure de pollinisation. Une pollinisation effectuée à huit heures produit près de quarante pour cent d'hybrides alors que la même combinaison réalisée à midi donne moins de dix hybrides pour mille plantes.

-----  
 (\*) Son port est rampant, mais surtout contrairement aux autres variétés elle émet les fleurs avant le développement de la feuille axillaire correspondante ce qui pourrait expliquer qu'elle supporte assez mal les manipulations florales.

Figure 9: Aspect multivarié de la nouaison. Plan factoriel (1\*3) d'une analyse en composantes principales.

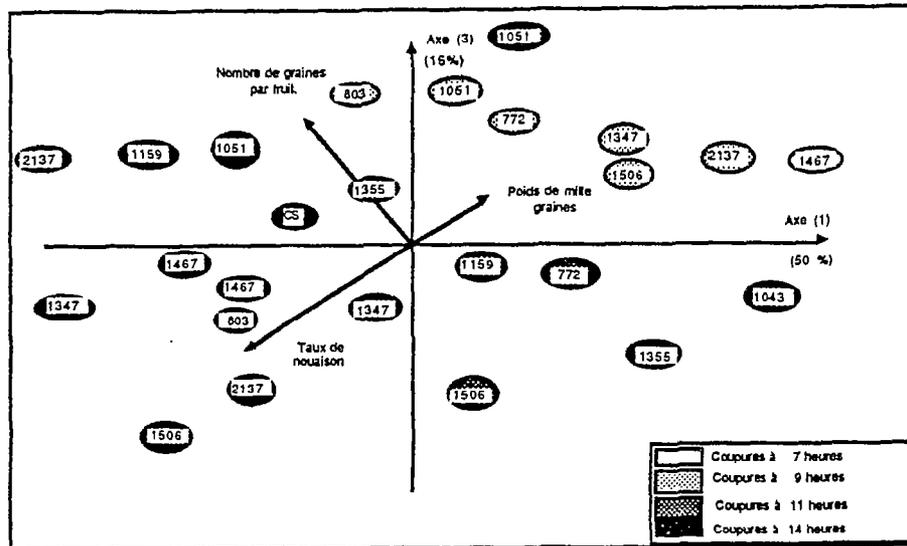


Planche photographique 3: Illustration des essais d'allogamie.



Légende: Plantes isolées dans une parcelle d'allogamie.  
 (1): *A. manihot* (ORS 592) (2): *A. esculentus* (ORS 1467).

Tableau 8: Résultats des fécondations sans émasculature sur la variété de *Abelmoschus esculentus* ORS1506.

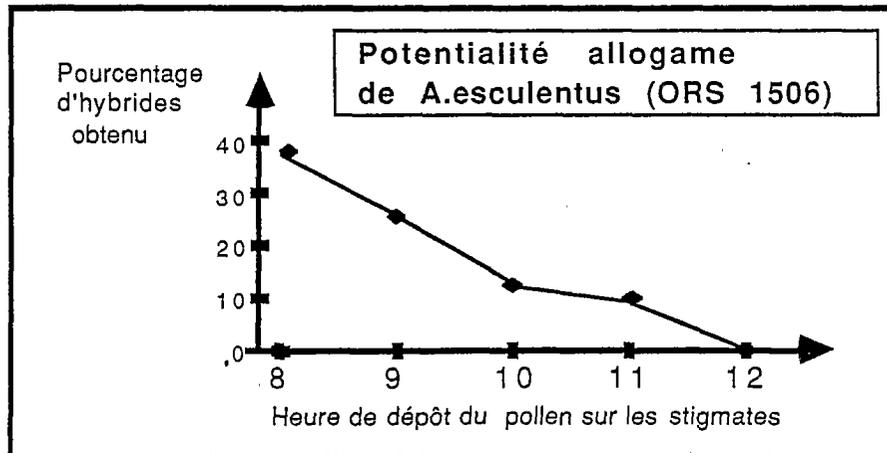
Heure	GR/FR	GR/S	GERM	HYB	%HYB
8	83.9	419	280	105	37.5
9	86.6	433	327	83	25.4
10	80.8	404	200	25	12.5
11	85.6	428	228	22	09.6
12	82.8	414	255	2	00.1

**Légende:**

GR/FR: Nombre moyen de graines par fruit, GR/S: Nombre de graines semées, GERM: Nombre de graines germées, HYB: Nombre d'hybrides observés, %HYB: Pourcentage de plantules hybrides.

Sur la figure 10, nous avons représenté l'évolution du nombre d'hybrides obtenus en fonction de l'heure de traitement.

Figure 10: Représentation graphique des pourcentages d'hybrides obtenus en fonction de l'heure de pollinisation.



Les résultats mettent en évidence les points suivants:

- la pollinisation est effectivement progressive;
- l'extrapolation laisse prévoir que le temps zéro doit se situer vers cinq ou six heures du matin en Côte d'Ivoire.
- si un pollen étranger est déposé après douze heures, il n'a qu'une probabilité infime de participer à la fécondation.

## 2. Pollinisations libres.

### 2a. Parcelle d'*Abelmoschus esculentus*.

Des plantes isolées ont été installées dans une parcelle mono-variétale de la variété rouge ORS 803 de *A.esculentus*.

Tous les fruits émis, par les plantes "réceptrices", pendant un mois, période de floraison stationnaire, ont été récoltés.

Le nombre de graines par fruit, leur poids, les taux de germination, le nombre de plantules hybrides, sont reportés dans le tableau 9.

Tableau 9: Allogamie estimée dans une parcelle de *A.esculentus*.

Variété	Espèce	NBGR	PMIL	GERM	NBPL	HYB1	HYB2
451	A.caillei	1375	58	67,2	764	0	0
520	A.caillei	1341	74	42,8	560	1	0
Total	A.caillei	2716			1324	0	0
958	A.esculentus	4056	65	40,1	1487	4	2
1051	A.esculentus	2479	64	34,7	788	3	
1467	A.esculentus	1369	59	46,5	572	1	
1506	A.esculentus	3828	55	67,2	2319	5	
2137	A.esculentus	593	66	51,6	269	2	
Clemson	A.esculentus	1979	52	59	1050	2	
Total	A.esculentus	14304		45,3	6485	17	2

HYB 1 : Taux d'hybrides intraspécifiques = 2,6 pour mille.

HYB 2 : Taux d'hybrides interspécifiques = 3 pour dix mille.

Le nombre de plantes hybrides, correspondant aux interpollinisations naturelles, estimé sur 6485 descendants, est très faible. En combinaison intraspécifique le taux est de trois pour mille. En interspécifique, il n'y a aucun hybride avec ORS 803 mais inter-fécondation entre deux récepteurs ORS 958 et ORS 520.

#### 2b. Parcelle de *Abelmoschus caillei*.

Les résultats obtenus dans la parcelle contenant le pollinisateur appartenant à *A. caillei* ORS 520 ne sont pas reportés dans un tableau 9. En effet, le taux d'hybrides est encore plus faible que dans la parcelle de *A. esculentus*. Sur un total de 6025 descendants observés, nous n'avons noté que trois hybrides entre ORS 520 et un autre *A. caillei* (ORS 451) et deux hybrides avec *A. tetraphyllus* (ORS 278, mâle).

#### 2c. Les taux d'hybrides interspécifiques des échantillons reçus en collection.

Sur un total de 1563 introductions originaires de l'Afrique de l'Ouest, multipliées en Côte d'Ivoire, nous n'avons observé que 17 échantillons contenant des hybrides interspécifiques soit environ 1% (cf. tableau 3 page 18).

Les échantillons totalement composés d'hybrides sont excessivement rares, il s'agit la plupart du temps de mélanges d'hybrides et de l'une des espèces cultivées. Il est difficile de traduire ces chiffres en pourcentages d'allogamie. Ils confirment, cependant, les faibles taux naturels d'échanges.

### 3. Le rapport Pollen sur Ovule chez le gombo.

Les caractéristiques florales pour chaque variété, le rapport calculé (P sur O) sont reportés dans le tableau 10. Les coefficients de variation autour de la moyenne, voisins de 10%, sont assez faibles et semblables pour les différentes variétés.

Nous avons repris les résultats de Cruden (1976), (tableau 11), nécessaires pour la comparaison. Les modes de reproduction y sont classés en cinq catégories allant de l'autogamie stricte à l'allogamie stricte. La valeur du logarithme décimal de (P sur O) correspondant varie entre 0,65 et 3,65.

Sur la figure 11 les différentes variétés sont présentées en fonction de la valeur de leur rapport log. (P/O).

Tableau 10: Quelques variations du rapport Pollen sur Ovules chez le gombo.

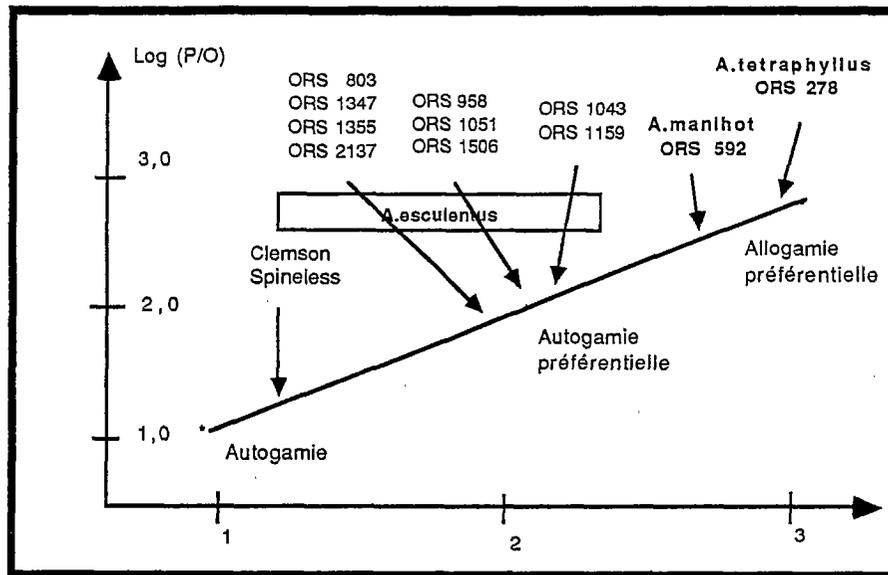
Variété	Nb.anthères par fleur	Nb. de pollen par anthère	Nb. d'ovules par fleur	log (P/O)
ORS 803	120	79	107	1,95
ORS 958	110	86	84	2,05
ORS 1043	116	79	62	2,16
ORS 1051	107	66	50	2,03
ORS 1159	150	68	73	2,14
ORS 1347	114	74	99	1,93
ORS 1355	127	75	98	1,98
ORS 1467	112	66	73	2,00
ORS 1506	123	67	78	2,03
ORS 2137	104	72	78	1,98
Clemson	100	61	124	1,69
ORS 278(*)	90	405	39	2,98
ORS 592(**)	102	560	104	2,70

Légende: (\*) *A.tetraphyllus*. - (\*\*) *A.manihot*.

Tableau 11: Système reproductif en fonction du rapport pollen sur Ovule (Cruden 1976)

Classe	Système reproductif	Nombre d'espèces étudiées	log.(P/O)
0	Cleistogamie	6	0,65
1	Autogamie obligatoire	7	1,43
2	Allogamie facultative	20	2,15
3	Autogamie facultative	38	2,81
4	Allogamie	25	3,65

Figure 11: Position des variétés étudiées de gombo dans le système défini par Cruden (1976)



La répartition relative des ressources reproductives est très variable: le nombre d'anthers par fleur va de 100 à 150, le nombre d'ovules oscille entre 45 et 125; le nombre de grains de pollen par anthere s'échelonne de 60 à 560. Par contre, le log. du rapport (P sur O) est plus proche d'une constante pour les formes cultivées. Il varie de 1,95 à 2,15. La seule exception étant la variété *Clemson Spineless* qui a un rapport de 1,69.

Dans le système de Cruden, l'allogamie facultative est caractérisée par une valeur de 2,15 et l'autogamie par 1,43. Les gombos cultivés apparaissent, par conséquent, comme des plantes présentant les caractéristiques d'allogamie facultative. La variété améliorée, *Clemson Spineless*, serait, par contre, très proche d'une situation d'autogamie obligatoire.

Les deux introductions d'espèces spontanées, *A. manihot* et *A. tetraphyllum*, se situent à un niveau proche de l'autogamie facultative: pour *A. manihot*, ORS 592, le nombre de pollen augmente beaucoup mais le nombre d'ovules est du même ordre que pour les espèces cultivées; par contre, pour *A. tetraphyllum*, ORS 278, le nombre de pollen croît mais le nombre d'ovules diminue de près de la moitié.

Les rapports P sur O observés s'étagent entre 1,69 pour Clemson Spineless et 2,98 pour la forme sauvage *A.tetraphyllus*, avec une valeur voisine de 2,00 pour la majorité des variétés traditionnelles.

## E.CONCLUSIONS ET DISCUSSION.

Les conditions écologiques de l'Afrique de l'Ouest, l'intérêt que les paysans portent à la culture du gombo, font que l'on rencontre, en proportion similaire, les deux espèces *A.esculentus* et *A.caillei* sur une aire géographique correspondant à environ cinq degrés de latitude.

La zone intermédiaire entre la forêt et le Sahel, apparait donc comme l'aire la plus favorable aux échanges géniques entre les deux espèces et par conséquent la plus critique pour le maintien de leur intégrité. La plupart des semis sont réalisés simultanément au début de la saison des pluies. Les différences de précocité et de cycle de production ne sont pas suffisants pour leur assurer un isolement génétique complet. Cependant, la nature du recouvrement des périodes reproductives associée à la stratégie de récolte par les paysans des graines pour le semis suivant, favoriserait, de fait, la sélection des hybrides interspécifique avec *A.esculentus* comme parent femelle.

Les échanges sont toutefois très largement freinés par le mode de reproduction autogame prédominant du gombo mis en évidence par les faibles taux naturels d'allogamie. Pourtant, il existe une disponibilité théorique importante. L'anthèse se produit avant l'aube. L'autopollinisation est progressive, elle se déroule durant la matinée. Sa vitesse est modulée en fonction des variétés. Un dépôt accidentel de pollen étranger à sept heures du matin produira, dans la descendance au moins 50% d'hybrides. A l'opposé, à midi, le taux ne sera plus que de trois pour mille.

L'estimation du mode de reproduction des gombos cultivés, par comparaison du rapport (pollen sur ovule) avec celui d'autres plantes, indique que les allocations de ressources reproductives, les situent comme des plantes à reproduction autogame préférentielle.

Mulcahy (1983) souligne que les fleurs des plantes à autogamie préférentielle ont tendance à s'auto-polliniser avant ou pendant l'épanouissement. L'exposition des stigmates, encore réceptifs, aux pollinisateurs potentiels ne se fait qu'après l'autopollinisation et pour combler un éventuel déficit.

Chez le gombo, le style, au moment de l'anthèse, est encore vierge. La croissance de la colonne staminale se produit plus tard dans la matinée. De cette sorte, l'autopollinisation mécanique est progressive.

Ter-Avenezian (1978) étudie, pour les genres *Gossypium*, *Vigna* et *Triticum*, les effets sur la fécondation et les descendances, de la variation du nombre de pollen déposé sur le style.

L'augmentation du nombre de grains de pollen influence positivement la croissance des tubes polliniques et l'efficacité des fécondations. La quantité de pollen nécessaire pour féconder un ovule est faible: deux à sept grains de pollen.

Selon cet auteur, la quantité de pollen utilisée a des effets importants sur la descendance : " ....., des pollinisations en large excès, ce qui se produit naturellement, induisent un effet bénéfique par l'élimination des formes extrêmes dans les descendances " .

Le nombre d'ovules par fleur de gombo cultivé, oscille entre 60 et 120. En extrapolant les résultats ci-dessus il faudrait au minimum de 120 à 240 grains de pollen et au maximum de 420 à 840. La quantité de pollen nécessaire, à raison de 70 grains par anthère, correspond à un nombre compris entre 2 et 12. Chaque fleur produit environ 8000 grains de pollen, la quantité de pollen nécessaire à l'autopollinisation est largement excédentaire.

Cependant, pour le gombo, sans intervention anémophile, seule une très faible proportion de pollen participe à la fécondation.

En effet, seul le pollen présent dans les anthères appartenant aux deux rangées supérieures est susceptible d'être mis en contact avec les stigmates. Ceci correspond à l'équivalent d'une dizaine d'anthères.

On constate donc que dans l'hypothèse d'un besoin maximum, soit 7 pollen par ovule, certaines variétés risquent fort de ne pas s'assurer une autofécondation complète. Ceci se vérifie puisque l'on a environ 10% de graines en plus lorsque l'on réalise des fécondations doubles.

Pour de nombreuses espèces, le succès de l'allogamie dépend de la capacité du pollen étranger à mieux germer que l'auto-pollen. Chez *Geranium maculatum*, Mulcahy (1983) souligne que la différence de vitesse de germination peut varier du simple au quadruple en fonction de nombreux facteurs tels: 1, le temps séparant deux visites d'insecte; 2, le nombre moyen de grains laissés à chaque visite; 3, la longueur du style; 4, la vitesse de croissance du pollen; 5, la variance de sa croissance; 6, le nombre d'ovules à féconder.

Les modulations de réceptivité du stigmate, importante chez *Clintonia spp.*, (Galen *et al.* 1986), constitue un modèle de choix par la femelle. Il y a aussi des interactions importantes entre les pollens et les styles chez les *Gossypium* et la température extérieure influe grandement sur l'expression des interactions et les cinétiques de croissance pollinique (Gawel et Robacker 1986).

Le temps nécessaire pour que le pollen atteigne les ovules est estimé, chez le gombo, à deux heures par Purewal et Randhawa (1957). Nos résultats vont dans le même sens mais mettent en évidence de légères différences. A un temps zéro, on pollinise un ensemble de fleurs, puis toutes les heures on effectue la coupure du style à sa base. Les résultats montrent que les premiers fruits capables de nouer apparaissent après deux heures.

Le taux de nouaison n'est alors que de 10 à 20%. Pour que les fleurs nouent avec un taux comparable au parent émasculé, pollinisé, mais dont le style n'a pas été coupé, il est nécessaire d'attendre quatre heures.

Ceci signifie que pour un pollen donné, la vitesse de migration minimale est vraisemblablement inférieure à deux heures. Mais tous les pollens ne germent pas simultanément et il faut attendre quatre heures pour que la quantité suffisante assurant la nouaison, atteigne les ovules.

Selon Srivastava et Sachan (1973), Chandra et Bhatnagar (1975), l'autofécondation est obligatoire chez le gombo puisque l'autopollinisation se produit avant l'anthèse. En Côte d'Ivoire, nos résultats montrent qu'il n'en est rien. Le régime reproductif dépend des heures d'arrivée de l'autopollen (croissance de la gaine staminale) et de celle de l'allopollen (insectes).

L'étude de Cruden (1976), et le calcul des rapports pollen sur ovule, comme référence du mode effectif de reproduction, est applicable aux gombos. L'augmentation de ce rapport correspond bien à une allogamie supérieure traduite par le nombre important d'hybrides spontanés produits avec l'espèce *A.tetraphyllus*. Le mode de reproduction allogame de *A.manihot* qui possède un également rapport élevé n'est pas mis en évidence. Cette espèce est trop isolée génétiquement pour produire des hybrides viables (Cf. quatrième partie).

Récemment, le critère (P sur O) a donné une bonne adéquation pour deux espèces de légumineuses, genre *Lathyrus*, présentant un mode de reproduction différent (Valero *et al.* 1986).

Les espèces sauvages de *Abelmoschus*, ont toutes un nombre de carpelles égal à 5. La sélection a conduit chez *A.esculentus* à l'augmentation du nombre de carpelles pour certaines variétés. Ceci revient à favoriser l'aspect reproductif femelle par élévation du nombre d'ovules. La variété Clemson Spineless présente de plus une diminution de la quantité de pollen produite. La réduction de son "profil allogame" par rapport aux formes traditionnelles traduit vraisemblablement un effet de sélection.

Cet indicateur, intéressant pour le gombo n'est pas le seul, Glower et Barret (1986) montrent que chez *Eichornia paniculata* (Pontederiacées), le passage de l'allogamie facultative vers l'autogamie stricte se traduit par la réduction de la longueur du style et du filet des anthères, ce caractère est gouvernée par seulement par quelques gènes récessifs.

L'allopollinisation chez le gombo est nécessairement entomophile. Peu d'auteurs se sont intéressés à cet aspect.

Tanda (1985) a étudié le comportement des abeilles *Apis mellifera* et *A.cerana* var. *indica* sur la variété de gombo indienne Pusa Sawani. Les déplacements des abeilles étaient suivis par marquage au bleu de méthylène. Ils sont faibles, après deux heures, le déplacement n'atteint que deux mètres et six après huit heures. En début de matinée, elles ne collectent que du pollen, mais très rapidement, elles ne se préoccupent plus que du nectar.

Il apparaît que les abeilles se posent sur les pétales et touchent ainsi éventuellement les stigmates. Elles se dirigent immédiatement vers la zone nectarifère située au niveau de l'ovaire (bien visualisée par le spot floral interne).

Elles ne sont pas obligées de toucher les étamines pour y parvenir et 80% d'entre elles ne ramassent que le nectar. Pour l'envol, elles peuvent soit remonter le long du style, elles contribuent alors largement à favoriser l'auto-pollinisation, soit prendre leur envol à partir des pétales. Elles visitent environ quatre fleurs par minute.

Dans nos parcelles, les insectes transportant les plus grosses quantités de pollen sont également les abeilles, mais elles sont rares. On y trouve d'autres insectes comme les *Disdercus*, de nombreux coléoptères et des diptères.

Les *Disdercus impudicus* se regroupent sur les fruits en cours de maturation et sont peu mobiles. Les petits coléoptères, essentiellement des chrysomélides, dont *Syagrus calcaratus*, se nourrissent du limbe des feuilles. Leur présence dans une fleur est accidentelle. Les diptères, sont très attirés par les fleurs de gombo. Ils se concentrent à la base de la colonne staminale, on peut en rencontrer plusieurs dizaines dans la même fleur d'où ils ne sortent presque pas.

Valero *et al.* (1986), ont étudié les dynamiques de déplacement des insectes en fonction de l'heure de la journée. Bien que réalisées en France, les résultats sont intéressants à replacer dans notre contexte. Ces auteurs montrent, en effet, que les bruches d'une part, les abeilles et bourdons d'autre part, ne se comportent pas de la même façon au cours de la journée. En l'occurrence, les abeilles et bourdons, effectuent des visites nombreuses et brèves mais surtout l'après midi, ils contribuent ainsi à l'allopollinisation. Les bruches, à l'opposé, font des visites longues et répétées (d'une minute à trois heures par fleur), plutôt dans la matinée, contribuant à assurer l'autopollinisation.

Les entomologistes, en Côte d'Ivoire, n'ayant pas étudié spécifiquement cet aspect indiquent cependant que la mobilité des insectes varie au cours de la journée. Pour de nombreuses espèces, elle est quasi nulle jusqu'à dix heures du matin, les températures étant trop basses et les turbulences d'air défavorables. On assiste à une augmentation progressive des déplacements, atteignant un pic vers treize heures, la mobilité des insectes diminue légèrement par la suite.

Cet ensemble d'éléments permet de comprendre comment le gombo qui présente une potentialité allogame ne manifeste qu'un taux d'allogamie très faible en Côte d'Ivoire. Ce mécanisme contribue au maintien de l'isolement génétique des deux espèces cultivées. Il a également, selon toute vraisemblance, comme nous le verrons dans la troisième partie, une influence notable sur l'organisation de la variabilité intraspécifique.



**TROISIEME PARTIE**

ORGANISATION DE LA VARIABILITE GENETIQUE  
DES DEUX ESPECES CULTIVEES DE GOMBO  
*A.ESCULENTUS* ET *A.CAILLEI*



Nous venons d'évoquer, dans la deuxième partie, les aires de répartition des deux espèces cultivées de gombo en Afrique de l'Ouest. Leur phénologie de production et le mécanisme de reproduction ont été précisés.

Dans cette partie, nous commencerons par traiter du polymorphisme inter-spécifique, c'est-à-dire des différences et similitudes entre les deux espèces *A. esculentus* et *A. caillei*, afin de mieux apprécier la diversité globale maintenue par les paysans.

Puis à partir de quelques exemples, nous montrerons comment s'organise la variabilité des formes cultivées. Nous l'examinerons à différents niveaux. Ainsi, tout d'abord, nous comparerons des échantillons correspondant à des aires géographiques importantes. Il s'agira de:

- la collection d'origine non africaine de l'U.S.D.A. à celle de la Côte d'Ivoire;
- l'expression du polymorphisme, morpho-phénologique et enzymatique au niveau continental en Afrique.

Ensuite, nous aborderons, dans une zone géographique plus restreinte, mais caractérisée par un polymorphisme morphologique important, le concept typologique vu sous plusieurs aspects:

- la typologie numérique;
- la typologie vernaculaire;
- la projection géographique de la typologie numérique;

#### A.LE POINT DES CONNAISSANCES.

Le gombo, essentiellement *A. esculentus*, fait l'objet de nombreuses études agronomiques. Les travaux les plus importants ont été réalisés en Inde et au Sud des Etats-Unis. L'héritabilité des caractères de précocité et de production sont fréquemment analysés. En moyenne, les héritabilités sont fortes (supérieures à 60%). Les études de déterminisme génétique sont moins nombreuses mais souvent contradictoires.

Les caractéristiques de pigmentation des diverses parties de la plante ont le plus retenu l'attention. On peut citer parmi les principaux travaux: Kalia et Padda (1962), Erickson et Couto (1963), Kohle et D'Cruz (1966), Mehetre *et al.* (1980), More et Vibhute (1983). Ces derniers mettent en évidence quelques liaisons génétiques entre ces marqueurs.

Nath et Dutta (1970) se sont intéressés aux formes de fruits, aux types foliaires et au degré de pubescence. Ce dernier caractère est considéré complexe par Miller et Wilson (1939), d'hérédité simple par Kalia et Padda (1962) et présentant une dominance incomplète par Nath et Dutta (1970).

L'étude de la variabilité génétique du genre *Abelmoschus* n'a jamais été réellement abordée. Une description de la collection de l'U.S.D.A. est réalisée par Corley (1965).

Les objectifs sont orientés vers la recherche de variétés naines résistantes à diverses maladies fongiques (*Fusarium*, *Verticillium*). Les recherches visent à trouver des types présentant des fruits avec une bonne potentialité pour la congélation, afin de répondre aux besoins du marché américain.

Siemonsma (1982a), décrit la collection de Côte d'Ivoire. Il donne les principales caractéristiques des deux espèces cultivées. Cependant, l'aspect agronomique y est le plus important.

Martin *et al.* (1981), étudient la collection de Porto Rico et 17 introductions de Côte d'Ivoire, fournies par Siemonsma. Ils concluent qu'au sein de la collection de l'U.S.D.A. il y a peu de différences entre les diverses origines géographiques.

Selon ces auteurs, la seule originalité réelle est liée aux variétés africaines. Elles peuvent être discriminées par cinq caractères:

- les nervures rouges des feuilles,
- la floraison tardive,
- le nombre réduit de segments de l'épicalice,
- la position des fruits à angle droit sur la tige,
- un grand nombre de graines par fruit.

Pedrosa *et al.* (1983), présentent les caractéristiques morphologiques des 100 introductions détenues par l'Université de Vicosá (Brésil). L'expression du polymorphisme n'est pas envisagée en termes d'origines géographiques.

L'approche de la diversité par électrophorèse des isoenzymes n'a jamais été abordée, aussi bien pour les formes spontanées que cultivées.

Le peu de travaux antérieurs et les particularités des introductions africaines nous ont conduit à:

- rechercher les techniques culturales les mieux appropriées aux objectifs visés;
- définir une grille de descripteurs morpho-phénologiques quantitatifs et qualitatifs;
- adapter la technique d'électrophorèse en gel d'amidon au gombo.

La grille de descripteurs, a été établie à partir de celle du genre *Gossypium* génétiquement proche (IBPGR, 1980).

Pour l'étude du polymorphisme enzymatique, nous avons bénéficié de l'expérience acquise par le laboratoire; les genres *Coffea*, (Berthou *et al.*, 1980; Hamon *et al.*, 1984) et *Oryza* (Second et Trouslot, 1980; de Kochko, 1987) ayant fait l'objet d'investigations dans ce domaine.

## B.MATERIEL ET METHODES.

### I.Conduite des essais comparatifs.

L'arrivée des divers échantillons fut très étalée (Cf. première partie page 14). Chaque introduction est, dans la mesure du possible, représentée par vingt plantes. Dans les parcelles d'évaluation deux témoins connus sont insérés toutes les 15 lignes. Il s'agit de la variété Clemson Spineless (pour l'espèce *A.esculentus*) et de la variété ivoirienne ORS 520 (pour l'espèce *A.caillei*).

Les essais comparatifs sont menés de préférence d'Août à Décembre, moment le plus favorable pour la croissance des plantes. En effet, durant tout le premier semestre, en Côte d'Ivoire, les cultures de *A.esculentus* sont dévastées par la virose "leaf curl" (\*). Les cultivars de *A.caillei* sont plus tolérants (N'Guessan Koffi, 1986).

### II.Les descripteurs quantitatifs.

Les descripteurs quantitatifs choisis permettent d'obtenir une vision générale des caractéristiques des plantes. Les données utilisées pour les calculs et caractérisations sont les moyennes obtenues sur l'ensemble des vingt plantes par variété. Il s'agit :

#### Floraison

- Jour de première floraison
- Niveau exprimé en nombre d'entre-noeuds depuis la base où apparaît :
- la première fleur
- le premier fruit

#### Architecture et développement

- Hauteur de la plante (80-90 jours),
- Nombre d'entre-noeuds ( 80-90 jours),
- Diamètre au collet (80-90 jours),
- Nombre et longueur des rameaux.

Trois descripteurs sont notés à 80-90 jours après le repiquage de manière à avoir un point de référence constant dans le temps. Après cette date, les variétés à cycle court arrêtent leur croissance; pour celles dont le cycle est plus long, voire très long (10 mois), la croissance continue mais une comparaison d'ensemble est fort délicate.

---

(\*) Cette maladie est transmise par une aleurode, *Bemisia tabacci*. L'épidémiologie de son équivalent sur le manioc (*Manihot*) a été étudié (Fargette, 1986).

Production et remplissage des fruits:

- Nombre total de fruits sur l'axe orthotrope,
- Nombre total de fruits sur les rameaux,
- Poids total de graines récoltées et séchées.

Caractéristiques des fruits:

- Longueur du fruit,
- Largeur du fruit à l'endroit le plus large  
(généralement à 2-3 cm au dessus du pédicelle)
- Nombre d'arêtes (ou loges carpellaires)
- Poids de mille graines.

**III. Les descripteurs qualitatifs.**

Les descripteurs qualitatifs complètent la description quantitative. Il s'agit de caractères difficilement quantifiables ou de nature effectivement qualitative (présence/absence). La liste complète des modalités rencontrées est fournie en annexe 4.

1. Descripteurs de coloration.

- Coloration de la tige principale,
- Coloration des parties foliaires;
  - pétiole (dessus et dessous),
  - point de jonction des nervures,
  - moitié inférieure des nervures,
  - moitié supérieure des nervures,
  - limbe (taches rouges plus ou moins importantes),
- Coloration du spot floral externe.

Les gombos présentent à la base des pétales, une tache rouge systématique sur la face interne, par contre la coloration équivalente du côté externe varie.

- Coloration de la surface du fruit sub- mature,

Le stade sub-mature est idéal. En effet, le fruit mûr séché n'est plus pigmenté et le jeune fruit ne l'est pas encore.

2. Caractéristiques foliaires.

Les paramètres foliaires sont difficiles à estimer car il n'y a pas deux feuilles identiques sur une même plante. La profondeur des lobes augmente régulièrement de la base vers l'apex alors que parallèlement la surface foliaire diminue.

Nous avons uniquement relevé le type général, caractère le plus stable, au dessus du sixième noeud. La comparaison se fait avec une grille de référence (Annexe 5, page ...).

Quelques caractères complémentaires ont été observés tels la coloration plus claire au niveau des arêtes; la présence d'épines sur le fruit; la présence de duvet sur les graines.

#### IV. Les descripteurs enzymatiques.

La composition des tampons gels, des tampons de migration ainsi que les conditions de préparation des gels ne diffèrent pas des méthodes utilisées couramment au laboratoire.

La méthodologie est particulièrement bien décrite par Second et Trouslot (1980). Les gels Tris-Citrate sont ajustés au pH 6 ou pH 8 suivant les besoins.

Différentes parties de la plante peuvent être utilisées et donnent des résultats similaires mais avec une qualité de résolution différente. Les meilleurs sont obtenus à partir des jeunes embryons contenus dans les graines. Seuls deux systèmes nécessitent l'emploi des cotylédons (Zoumenou, 1985).

Les pH des gels, la nature du matériel utilisé, la migration de jour (J) ou de nuit (N) sont reportés page 91. Les systèmes à migration lente sont mis à migrer de nuit, simplement par commodité.

Sept systèmes permettent d'obtenir de très bonnes définitions. Ce sont principalement des deshydrogénases. Les systèmes non spécifiques comme les Esterases, Phosphatases acides, Catalases, etc... ne donnent jamais de profils lisibles et répétables.

---

Graines :	Cotylédons:
Malate deshydrogénase, pH6,N	Glutamateoxaloacétate transaminase, pH6,N
Alcool deshydrogénase, pH8,J	Shikimate deshydrogénase, pH6,N
Inositol deshydrogénase, pH8,J	
Phosphogluco-mutase, pH6,J	
Phosphogluco-isomérase, pH8,J	

---

#### V. Méthodes d'analyse des résultats.

Nous n'entrerons pas dans le détail théorique des analyses mais nous évoquerons simplement le schéma général de la procédure. Elles ont été largement décrites à plusieurs reprises par Benzecri et Felon notamment par Benzecri (1980) et Fénelon (1981).

### 1. Méthodes de description de la variabilité.

La visualisation sur plan factoriel de la variabilité utilise deux méthodes principales: l'analyse en composantes principales et l'analyse factorielle des correspondances.

L'analyse en composantes principales normées (A.C.P.) se réalise à partir de données quantitatives métriques avec un certain nombre de conditions: variables normales, indépendantes... La base descriptive repose sur la matrice des corrélations. Les nouvelles variables (factorielles) sont toutes indépendantes entre elles. Les variables initiales sont corrélées plus ou moins fortement à celles-ci. Les axes factoriels ont une inertie propre (% de la variabilité totale) dont la somme est égale à 100%. Le pourcentage d'inertie des axes ainsi que leur décroissance de l'axe N à N+1 sont les critères de bonne définition.

L'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.), voisine de la précédente, diffère cependant à quelques niveaux fondamentaux. Les données de départ sont des variables codées sous forme logique disjonctive (1-0) ou assez fréquemment un tableau de contingence généralisé (tableau de Burt). Dans cette méthode, les fréquences marginales des variables et des individus sont strictement identiques. Les nuages des variables et des individus se superposent exactement ce qui n'est pas le cas pour l'A.C.P..

### 2. Recherche de groupes et test de validité.

Deux méthodes principales sont utilisées pour la recherche de groupes:

- les classifications hiérarchiques (ascendantes généralement, C.A.H.);
- les agrégations autour de centres variables nuées dynamiques de Diday, N.D.).

Les classifications ascendantes hiérarchiques (C.A.H.) se font à partir de données brutes quantitatives ou logiques ou de données transformées (valeurs factorielles).

Les algorithmes de calcul des distances sont de deux types principaux:

- distance du khi deux pour les fréquences et attributs;
- distance euclidienne, pondérée ou non, pour les variables métriques hétérogènes ou homogènes.

Les critères de regroupement sont très divers (distance minimale, moyenne, variance, barycentre). Il est souhaitable d'en tester plusieurs pour évaluer la stabilité des groupements.

Les agrégations autour de centres variables, nuées dynamiques, procèdent par tirage aléatoire d'individus sources. Autour de ceux-ci, on recherche les points les plus proches en minimisant la variance intra-groupe et en maximisant la variance inter-groupe.

Une première agrégation établie, on recommence les itérations plusieurs fois. Les individus qui se situent toujours dans les mêmes groupes sont finalement associés. Les derniers groupes d'effectifs faibles sont regroupés au gré de l'utilisateur.

L'analyse factorielle discriminante permet de tester la validité des groupes prédéfinis. On peut utiliser un critère qualitatif naturel (pays par exemple) ou créé par recodage d'une variable quantitative (floraison précoce-moyenne-tardive).

Les variables testées sont quantitatives (métriques, factorielles, fréquences). La démarche la plus classique consiste à procéder pas à pas. Se basant sur la matrice de variance-covariance, l'algorithme de calcul cherche à maximiser la variance inter-groupes et à minimiser la variance intra-groupe.

La variable ayant le rapport calculé le plus élevé est conservée et sert de base pour le calcul de l'équation de la fonction discriminante.

Cette dernière permet d'estimer la probabilité que possède un individu affecté dans un groupe, de si trouver effectivement en fonction des valeurs des variables. Un individu est considéré comme bien classé lorsqu'il est affecté dans son groupe de départ. On parlera ainsi de pourcentages d'individus bien classés.

L'évolution des pourcentages d'individus bien classés (pas successifs) tend vers un maximum qui est 100% .

### 3. Les logiciels.

Dans un premier temps, nous avons utilisé les logiciels S.P.S.S. (Statistical Package for the Social Science) et de l'A.D.D.A.D. (Association pour le Développement et la Diffusion de l'Analyse des Données) fonctionnant sur gros ordinateurs I.B.M..

La mise au point par l'ORSTOM du logiciel N.D.M.S. (Noirot *et al.* 1987) utilisable sur micro-ordinateur Goupil G4, nous a permis de poursuivre nos analyses par cette voie.

#### 4. Synthèse de la démarche.

**A. groupes définis sur 1 critère.** \_\_\_\_\_ test de validité avec analyse discriminante

#### **B. groupes non définis à priori.**

##### B.1. Visualisation de la variabilité.

B.1.a \* variables logiques ou tableau de contingence (A.F.C.)      B.1.b\* variables quantitatives (A.C.P.)

##### B.2. Recherche de groupes.

B.2.a \* (C.A.H.)      B.2.a \* (N.D.)

Classifications ascendantes hiérarchisées      Nuées dynamiques

##### B.3. Retour en A.

### **C. PRINCIPALES DIFFERENCES ENTRE LES DEUX ESPECES CULTIVEES DE GOMBO**

Avant de considérer dans le détail l'expression de la variabilité en fonction de divers paramètres il est nécessaire, à notre avis, d'insister sur les caractéristiques et limites propres à chacune des deux espèces.

Siemonsma (1982a,b), détaille certaines différences entre les espèces, notamment celles relatives aux segments de l'épicalice. Les deux espèces ont un nombre et une forme de segments de l'épicalice différents. *A. esculentus* présente dix à douze segments fins, tandis que *A. caillei* en possède moins (6 à 8) et beaucoup plus larges.

#### **I. Les systèmes enzymatiques.**

Un système enzymatique peut être considéré comme discriminant parfaitement deux espèces si, quel que soit l'échantillon testé, on trouve toujours les mêmes différences entre elles.

Sur l'ensemble de la collection, les quatre systèmes suivants permettent une discrimination entre les deux espèces cultivées:

- les phosphoglucose isomérases (PGI);
- les malate deshydrogénases (MdH);
- les inositol deshydrogénases (IdH);
- les glutamate oxalo-acétate transaminases (GOT);

Les profils sont représentés sur la figure 12. Chez *A. esculentus*, pour les PGI, le profil constant comprend quatre bandes régulièrement espacées. Celui de *A. caillei* possède le même phénotype de base auquel s'ajoutent trois électromorphes à migration plus rapide.

Les zymogrammes MdH sont caractérisés par de nombreuses bandes. Cependant, la zone frontale permet une identification précise. *A. caillei* présente deux bandes plus rapides, systématiquement absentes chez *A. esculentus*.

Pour les IdH, le profil de *A. caillei* se construit également par simple addition de bandes. La somme n'est toutefois pas exacte car la bande la plus lente d'*A. esculentus* disparaît. Les électromorphes supplémentaires, au lieu d'être plus rapides, sont cette fois intercalés.

La situation des GOT est l'inverse des précédentes. *A. esculentus* présente, selon les cas, deux ou quatre électromorphes rapides de plus que *A. caillei*.

Les différences observées présentent l'avantage d'être un élément taxonomique précoce détectable sur les graines, par ailleurs identiques, ou sur les germinations.

## II. Les variables quantitatives.

Les différences morphologiques exprimées au niveau des caractères quantitatifs sont très nombreuses entre les deux espèces cultivées. Nous donnerons un seul exemple au moment de la comparaison de la collection de l'U.S.D.A. et celle de la Côte d'Ivoire.

Les différences de précocité et de durée de cycle influent considérablement sur l'aspect des plantes.

En d'autres termes, les trois variables suivantes:

- jour de première floraison,
- nombre d'entre noeuds émis,
- diamètre des tiges,

permettent en analyse discriminante d'obtenir 96 % d'individus bien classés sur le critère d'espèce.

Cependant, en dehors de cette vision globale, les différences se manifestent par des relations de corrélation différentes. Sur la figure 13 nous avons schématisé ces relations pour chacune des espèces.

Il faut distinguer les corrélations constantes et caractéristiques du gombo en général et les relations spécifiques.

Les corrélations les plus importantes et les plus persistantes concernent la précocité de floraison et le niveau d'émission de la première fleur. Viennent, ensuite, les critères définissant la structure des plantes tels le diamètre des tiges, le nombre d'entre noeuds sur la tige principale, le nombre de rameaux.

Figure 12: Profils enzymatiques discriminants entre les deux espèces cultivées *A.esculentus* et *A.caillei*.

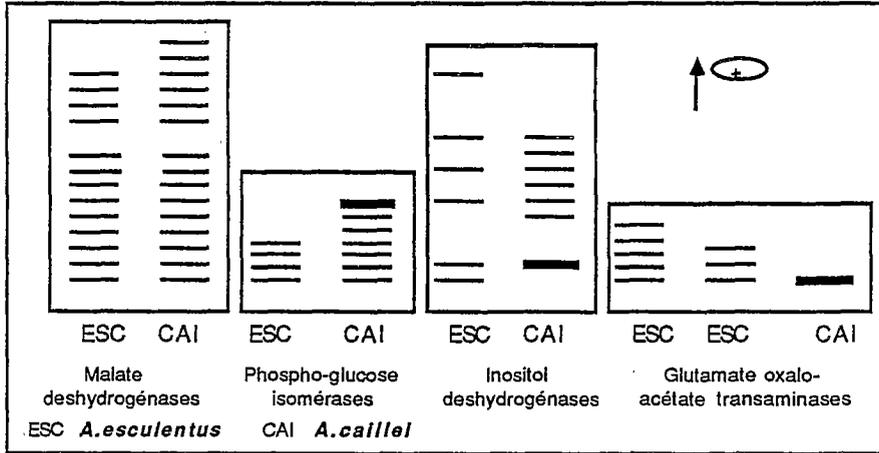
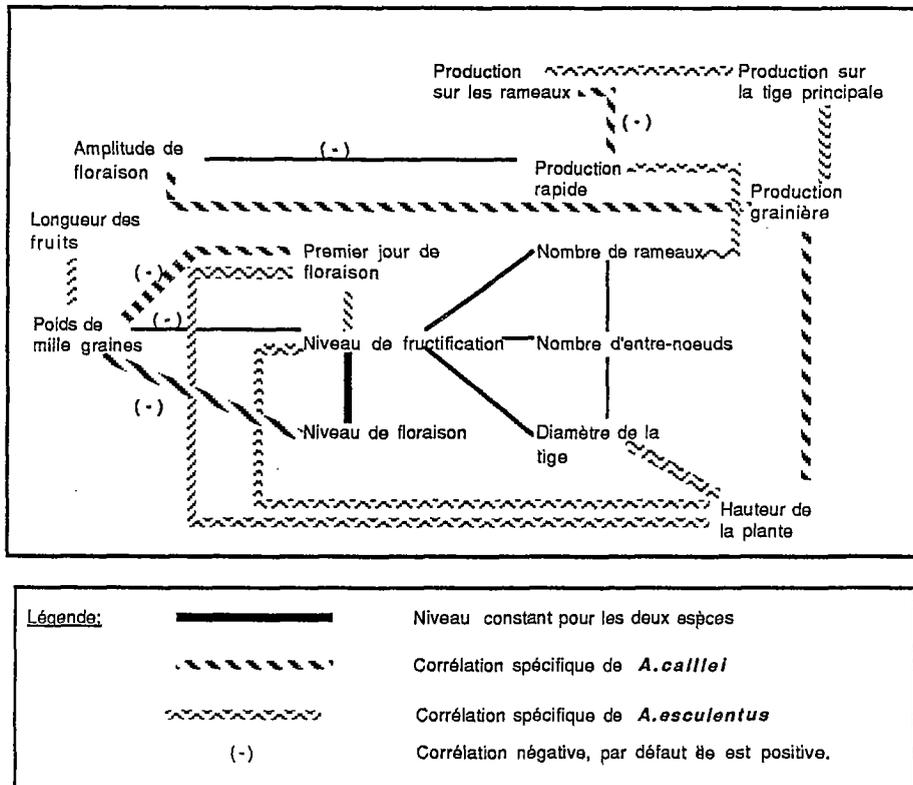


Figure 13: Différences et similitudes entre les deux espèces au niveau des corrélations entre quelques descripteurs.



Un élément inattendu, le poids de mille graines, s'y associe. Celui-ci chute de manière importante lorsque l'émission du premier fruit se fait trop haute sur la tige principale.

Chez *A.esculentus*, par exemple, la hauteur de la plante est très corrélée aux paramètres de floraison et de fructification, ainsi qu'à quelques éléments de structure (nombre de rameaux, nombre d'entre noeuds, diamètre de la tige).

Pour *A.caillei* apparaissent des relations entre la hauteur des plantes, la production de fruits et de graines. A l'opposé d'*A.esculentus*, il n'y a pas de corrélation entre la fructification sur la tige et la fructification sur les rameaux.

### III. Les descripteurs qualitatifs.

Les différences entre les deux espèces au niveau qualitatif sont également très nombreuses. Nous avons retenu ici les plus typiques. Les différences les plus notables sont associées aux critères de fructification.

La coloration des fruits est, dans l'ensemble, très variable, surtout pour les *A.esculentus* d'origine ouest-africaine. La proportion de fruits verts chez *A.esculentus* est d'environ 45 %. Elle est proche de la fréquence rencontrée chez *A.caillei*. Toutefois, chez cette dernière, on observe très fréquemment un duvet foncé. Il confère, à maturité, un aspect très particulier (Cf. planche photographique 2, page ..). Il constitue un des critères visuels principaux de reconnaissance lors des collectes.

La position des fruits par rapport à l'axe orthotrope correspond à l'angle que fait le pédicelle par rapport à la verticale. Les fruits de *A.esculentus* sont généralement situés en position érigée ou intermédiaire, avec quelques rares situations horizontales. Par contre, les fruits de *A.caillei* sont assez rarement en position intermédiaire. Ils se situent à angle droit, ou sont légèrement retombants; dans quelques cas, on observe des positions complètement retombantes. Ces modalités ne se rencontrent chez aucune autre espèce.

Associée à cette position particulière des fruits, on observe une longueur du pédicelle beaucoup plus longue que la moyenne. Elle peut aller jusqu'à 10 cm au lieu de 1 à 2. Seule l'espèce *A.moschatus* a des pédicelles aussi longs.

La surface du fruit, en ce qui concerne *A.esculentus*, peut présenter un duvet plus ou moins soyeux et intense. Nous avons remarqué quelques accessions présentant une surface de fruit légèrement granuleuse. Les poils durs, les piquants sur la surface du fruit, un duvet long, très abondant, de couleur rousse, sur les graines ne sont présents que chez *A.caillei*. Près de 25% des introductions possèdent au moins une de ces caractéristiques.

Nous ne disposons pas de suffisamment d'échantillons de *A.manihot* et de *A.tetraphyllus* pour que les comparaisons soient totalement pertinentes. Cependant, la présence de fruits fortement épineux est une particularité de ces deux espèces.

Nous avons collecté, en Thaïlande (Hamon *et al.* 1987) des formes de *A.manihot* présentant un abondant duvet roux sur les graines. Celui-ci se retrouve dans l'échantillon ORS 592, *A.manihot* de notre collection.

En dehors des aspects liés à la fructification, on peut citer:

-la coloration rouge, externe, du spot floral, caractère anodin en apparence, est totalement inexistante chez *A.caillei*. Elle est présente chez 60% des introductions de *A.esculentus* et constitue, en quelque sorte, un caractère semi-discriminant.

-les surfaces foliaires de *A.caillei* sont fréquemment doubles de celles de *A.esculentus*.

#### D.LA VARIABILITE COMPAREE ENTRE DIVERSES ORIGINES GEOGRAPHIQUES.

##### I.Les introductions non africaines et la collection de Côte d'Ivoire.

Nous avons évalué l'ensemble de la collection mondiale de référence de l'U.S.D.A. simultanément avec la collection de Côte d'Ivoire.

Nous présentons, une analyse factorielle des correspondances, effectuée à partir des données quantitatives transformées, rendues logiques, associées aux variables qualitatives. Le tout constituant un tableau de contingence généralisé (tableau de Burt).

Sur le graphique de la figure 14, nous avons représenté le plan factoriel (1x2) correspondant à 45% de la variabilité totale, considérable pour une A.F.C. Les variables ayant une contribution importante ont été reportées sur le graphique, les autres sont ignorées pour plus de clarté.

L'axe 1 (35%) correspond à l'opposition entre les deux espèces cultivées. *A.esculentus* est caractérisé par peu de ramifications, un faible nombre d'entre-noeuds, une petite taille, un faible diamètre de la tige principale, une floraison précoce. Pour *A.caillei* ce sont les caractéristiques inverses qui la décrivent. Les deux espèces apparaissent ainsi comme deux grands types: l'un hâtif et de dimensions réduites, l'autre tardif et de grandes dimensions.

Sur l'axe 2 (10%) s'exprime la variabilité intra-spécifique. Les cultivars de *A.esculentus* de Côte d'Ivoire, peu nombreux (75), sont cependant très dispersés. A l'opposé, les variétés de l'U.S.D.A. sont, à quelques exceptions près (\*), toutes regroupées sur un très petit espace, en périphérie du nuage des origines ivoiriennes de *A.esculentus*.

(\*): Ces types correspondent à des variétés particulières telles Pusa Red, mutant rouge de Pusa Sawani, la variété indienne sans arêtes marquées sur les fruits.

Elles sont caractérisées par des fruits très fins, disposés en position très érigée le long de la tige. Les plantes ont tous leurs organes de couleur verte.

On constate ainsi que l'on a deux situations bien tranchées au sein de *A.esculentus*:

-un matériel sélectionné suivant des critères très précis. Il n'y a plus de traces, ou très peu, de variabilité. On retrouve des types correspondant à l'ensemble des objectifs de sélection en conditions de culture industrielle;

-un matériel local, très variable, dont certaines formes correspondent à celles de l'U.S.D.A. mais dont d'autres ressemblent beaucoup à la seconde espèce cultivée.

Les cultivars ivoiriens de *A.caillei* sont répartis symétriquement le long de l'axe 2. Ils occupent un espace équivalent à celui de *A.esculentus*. Du côté des valeurs négatives, on remarque que les plus grandes plantes sont associées aux fruits dont la position est retombante et aux capsules dont les arêtes ne sont pas marquées. A l'opposé, du côté des valeurs positives, les variables correspondant aux formes les plus tardives sont associées aux fruits les plus larges. On note aussi la présence d'épines sur les fruits, une ramification abondante, et beaucoup d'arêtes.

Ainsi, si un type variétal peut être parfaitement identifié pour les *A.esculentus* fournis par l'U.S.D.A., il n'en est pas de même pour les cultivars ivoiriens. On constate notamment que bien qu'individualisées, les deux espèces présentent néanmoins une légère zone de recouvrement.

## II. La diversité de *A.esculentus* de divers pays africains.

### 1. La variabilité morphologique des cultivars africain de *A.esculentus*.

Un ensemble de 553 introductions a été retenu, il se compose des introductions suivantes :

#### Afrique de l' Ouest :

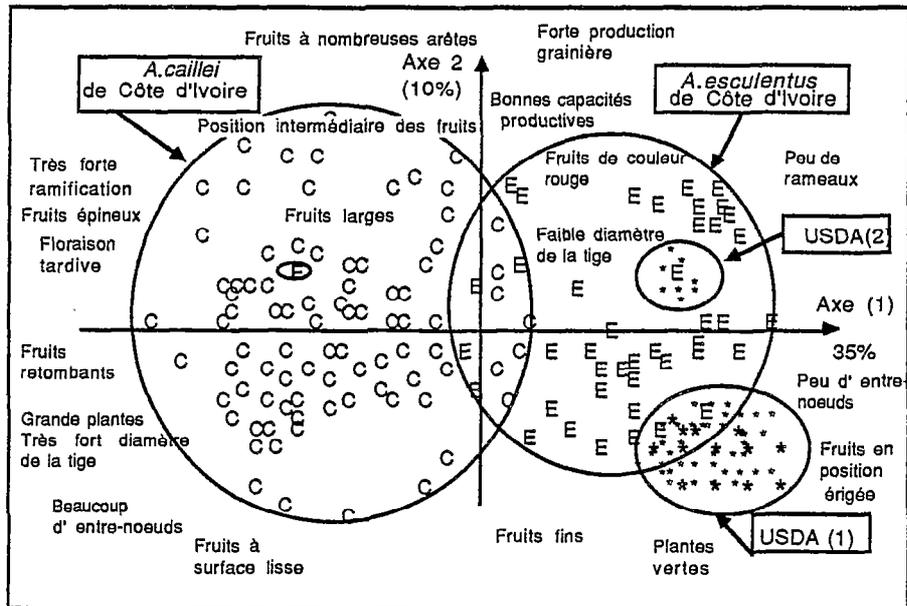
Bénin (135), Burkina Faso (45), Côte d'Ivoire (10), Guinée (45), Ghana (8), Mali (16), Togo (119);

Afrique du Nord Est : Egypte (30),

Afrique de l'Est : Soudan (95),

Afrique Australe: Zambie-Zimbabwe (50).

Figure 14: Expression de la variabilité comparée entre la collection de référence U.S.D.A. 275 *A.esculentus* et les introductions de Côte d'Ivoire.



(\*) Sur le graphique, au milieu du nuage des *A. caillei*, nous avons entouré une introduction d'*A. esculentus* visiblement pas à sa place. Elle présente des caractères de développement de l'espèce tardive tout en ayant la structure florale d'*A. esculentus*. Des reliquats d'introgression ne sont pas visibles au niveau des zymogrammes.

Le plan factoriel (1x2) de l'analyse en composantes principales représente 50% de la variabilité totale. La répartition et l'amplitude de la diversité des pays est schématisée sur la figure 15 par des ellipses délimitant les aires de variation. Sur le plan factoriel, les régions de forte densité de points projetés au même endroit est schématisée par un fond gris.

Le premier axe (30%) traduit l'opposition entre les plantes précoces, de petites dimensions et les tardives à l'encombrement spatial beaucoup plus important.

Le deuxième axe (20%) caractérise les niveaux de production. Il oppose les plantes à production rapide, mais faible, à celles ayant une production plus tardive, mais nettement supérieure.

Du point de vue de la distribution des introductions sur le plan factoriel, on remarque que les plantes précoces de dimensions réduites sont les plus fréquentes. L'axe de productivité connaît une densité de répartition des projections plus équilibrée.

L'aire délimitée par le Togo et le Bénin est de loin la plus étendue. La densité des individus diminue considérablement sur la partie négative de l'axe 1. A l'opposé, celle du Mali est la plus petite. Elle correspond à des plantes très précoces mais à cycle très court et peu productives dans l'ensemble.

Les origines soudanaises, de précocité moyenne, ont un début de floraison étalée. Elles présentent cependant des capacités productives importantes. Nous avons retenu pour des essais ultérieurs, les introductions ORS 2135 et ORS 2153 très intéressantes.

Les cultivars de Zambie et du Zimbabwe ont un comportement qui traduit peut être une mauvaise adaptation. Ils produisent rapidement, beaucoup, mais pendant une période très brève.

Les échantillons originaires du Burkina Faso se positionnent sur le plan factoriel entre ceux du Mali et ceux du Soudan. Quant à la Guinée, elle présente des formes ressemblant à celles du Mali, géographiquement proche. Cependant, le nuage est très étalé. On y note des types semblables à ceux rencontrés au Togo et au Bénin.

Les aires de variabilité du Togo et du Bénin s'interpénètrent totalement. Il n'est pas possible de les distinguer. Elles sont les plus étendues. Ceci est lié, au moins partiellement, à la taille importante de l'échantillonnage. Mais, ce polymorphisme s'exprime aussi pour certains caractères qualitatifs. On y trouve de nombreux "variants" dont des fruits particulièrement longs (jusqu'à 40 cm) ou très gros (diamètre supérieur à 5 cm), des colorations originales (vert très clair assimilable à du blanc, rosé, quelquefois une surface granuleuse du fruits etc...).

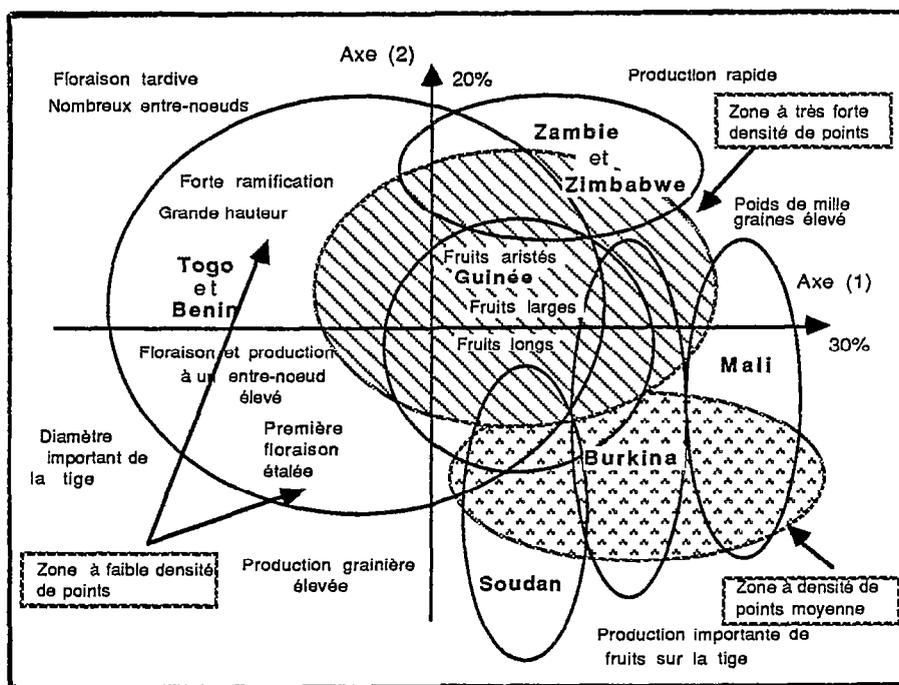
L'opposition entre formes à fort et à faible développement végétatif correspond vraisemblablement à une sélection conjointe par l'Homme et l'environnement. Les faibles pluviométries de la zone sahélienne (Burkina Faso-Mali-Nord Guinée) favorisent la persistance de variétés précoces capables de produire intensément pendant un court laps de temps. Leur développement spatial est limité.

La morphologie des *A. esculentus* de région sèche est marquée par deux types majeurs de plantes.

-Un type variétal se rencontre dans le sud de la zone de culture du mil (*Pennisetum typhoides*).

Les plantes sont semées en association avec cette céréale. Elles peuvent atteindre 2 à 3 mètres de hauteur. Les fruits sont courts (6-7 cm) penta-aristés et manifestent un changement de coloration en état sub-mature (jaune verdâtre plus ou moins violacé).

Figure 15: Expressions de la variabilité de différentes origines africaines de *A.esculentus*: (plan factoriel 1\*2)



Un autre type de plante des zones arides se rencontre au Burkina Faso mais surtout au Niger. La référence ORS 772, utilisée à plusieurs reprises dans ce travail, en est l'exemple typique. La plante de couleur verte très foncée, ne dépasse guère 60 cm de hauteur en fin de cycle. Très précoce, elle peut fleurir 35 jours après le semis.

Les fleurs de ORS 772 sont émises avant le développement de la feuille axillaire correspondante, ce qui est une exception. Abondamment ramifiée à la base, elle ne donnera cependant que peu de fruits. Ceux-ci sont très courts (5cm) et fortement ailés (arêtes proéminentes). Nous avons rencontré cette forme jusqu'à Agadès (Niger) où elle demeure la seule variété encore cultivée. Elle peut pousser à même le sable.

Le phénotype morphologique des plantes d'Afrique orientale est peu diversifié. Les cultivars de Zambie et du Zimbabwe sont très homogènes et ressemblent grandement à ceux de la collection U.S.D.A.. Au Soudan, les introductions présentent une particularité. Près de la moitié possède des fruits d'une couleur verte typique que nous avons appelée "vert d'eau" et pinta-aristés.

La diversité morpho-phénologique est très grande en Afrique:

-celle rencontrée en Afrique de l'Ouest n'est pas, à notre connaissance, présente ailleurs;

-c'est en zone écologique limite (zone sahélienne) que des types variétaux sont reconnaissables et présents sur une aire géographique importante;

-le polymorphisme est très important en zone de végétation intermédiaire entre la forêt et la savane, mais l'identification de types variétaux est difficile;

-en Afrique orientale, la diversité est moindre. L'accent est mis sur la production, très précoce au Zimbabwe, plus tardive au Soudan, mais plus importante.

## 2. La variabilité enzymatique.

Nous avons évoqué, précédemment, les systèmes enzymatiques discriminants entre les deux espèces cultivées. Les autres, d'une manière générale, se sont révélés peu polymorphes au sein des gombos cultivés.

Les systèmes présentant une variabilité intraspécifique ne sont que trois. Il s'agit des glutamate oxalo-acétate transaminases (GOT), des alcool deshydrogénases (AdH) et des shikimate deshydrogénases (SKdH). Nous avons reporté sur la figure 16, les principales caractéristiques des profils électrophorétiques obtenus.

En ce qui concerne les GOT, la différence entre les deux profils observés chez *A. esculentus*, porte sur deux électromorphes à migration rapide (\*). Le phénotype à cinq électromorphes (2) a une fréquence au Soudan de 0,5 qui atteint 0,75 en Egypte. Par contre, il est totalement absent de l'Afrique de l'Ouest, et de l'Afrique Australe.

La variabilité, exprimée au niveau des AdH est très faible. La différence porte sur une bande à migration plus lente. Celle-ci ne se rencontre qu'au Soudan et en Egypte, avec des fréquences similaires, respectivement de 26,5% et de 32%.

Le système SKdH est très important. C'est en effet le seul pour lequel l'espèce *A. esculentus* présente un polymorphisme sur l'ensemble du continent. Il est le seul variable au sein de *A. caillei*. Six électromorphes différents sont identifiés et numérotés de S1 à S6 (figure 16).

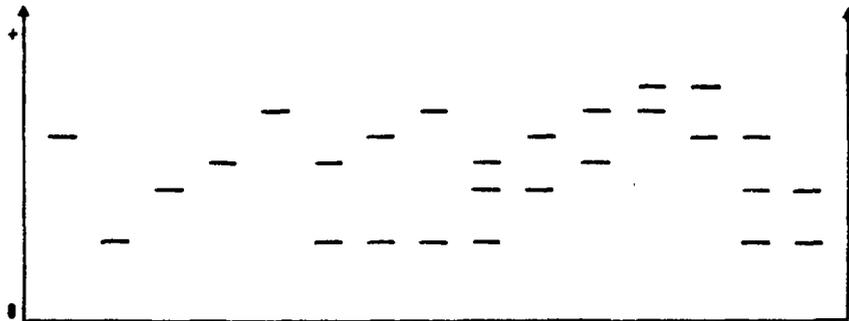
Les fréquences observées des différents électromorphes SKdH, en fonction des deux espèces, sont reportées dans le tableau 12.

On constate qu'au sein d'*A. esculentus*, les électromorphes S3, S5 et S6 sont à de rares exceptions près spécifiques du Zimbabwe. La Zambie et le Zimbabwe ne sont représentés que par 50 introductions mais leur variabilité est originale (13 génotypes différents sont rencontrés).

---

(\*) Les informations dont nous disposons sur le déterminisme des systèmes enzymatiques sont reportées dans l'annexe 6.

Figure 16: Profils enzymatiques révélés pour le système le plus polymorphe chez les gombos cultivés (SkdH)



L'Egypte possède la plus haute fréquence pour l'électromorphe S4. A l'opposé, le Bénin et le Cameroun ont une fréquence nettement supérieure de la forme S1.

L'espèce *A.caillei* est peu polymorphe, nous n'avons pas trouvé d'électromorphes S5 et S6 et peu de S3. Les électromorphes S2 et S4 sont par contre très fréquents (> 90%).

Une différence très importante existe entre les deux espèces cultivées. Le phénotype S2-S4 est assez rare au sein d'*A.esculentus* (8%), par contre il représente la presque totalité des phénotypes rencontrés chez *A.caillei* (94%).

Au Bénin, la fréquence de l'électromorphe S1 supérieure à la moyenne au sein de *A.esculentus* se retrouve aussi chez *A.caillei*.

En conclusion, malgré un niveau général de polymorphisme enzymatique faible les informations obtenues sont intéressantes:

-Les introductions de *A.esculentus* originaires d'Afrique de l'Est sont plus polymorphes que leurs homologues de l'Ouest; les origines égyptiennes et soudanaises sont génétiquement voisines; le Zimbabwe présente une hétérozygotie originale des SKdH;

-Les introductions de *A.caillei* sont encore moins variables. Cette espèce est moins polymorphe que *A.esculentus* même en Afrique de l'Ouest. Le seul système variable, SKdh, présente un phénotype S2-S4

Tableau 12: Fréquences des électromorphes des SKdH chez les gombos cultivés.

Electromorphes <i>A. esculentus</i> PAYS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Effectifs
Bénin	0,50	0,33	0,01	0,62			200
B.Faso	0,12	0,20		0,86			94
Cameroun	0,55	0,11		0,77			10
C.Ivoire	0,33	0,55		0,44			55
Egypte	0,31	0,03		0,97			25
Guinée	0,04	0,30	0,01	0,77			66
Mali	0	0,26		0,73			15
Nigeria	0,28	0,52		0,47			21
Soudan	0,09	0,45		0,64			94
Togo	0,13	0,44		0,64			151
Zimbabwe	0,24	0,24	0,53	0,16	0,16	0,04	49
Générale	0,252	0,338	0,039	0,657	0,011	0,003	780
Electromorphes <i>A. caillei</i> PAYS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Effectifs
Bénin	0,25	1		1			78
B.Faso	0,28	0,67	0,08	0,92			12
Cameroun	1	1		1			10
C.Ivoire	0,01	0,96		0,91			106
Guinée	0,04	0,82	0,02	0,94			51
Nigeria	0	1		1			7
Togo	0,03	0,92		0,99			119
Générale	0,065	0,923	0,006	0,982			383

## E. Organisation de la variabilité et typologie en Afrique de l'Ouest.

Nous écrivions, en présentant le point des connaissances, que l'organisation de la variabilité des gombos cultivés n'avait jamais été vraiment étudiée. Nos résultats montrent que les chercheurs ne disposaient pas d'un matériel d'étude très polymorphe.

L'Afrique de l'Ouest exprime une diversité morphophénologique très importante. Dans ce chapitre, nous présentons la méthodologie de typologie numérique employée pour mettre en évidence les groupes principaux au sein des espèces cultivées, en utilisant l'exemple du Bénin.

La Guinée, nous fournit l'occasion d'apprécier comment les groupes obtenus, par cette voie, se projettent sur un espace géographique déterminé.

La typologie mise en évidence par traduction des noms vernaculaires, fera l'objet d'une comparaison avec la typologie numérique.

### I. Typologie numérique: exemple de *A.esculentus* au Togo et au Bénin.

La recherche de groupements définis, stables, au sein des espèces cultivées de gombo, en Afrique de l'Ouest, n'est pas simple. Les plans factoriels, obtenus par analyses multivariées, donnent l'impression de représenter un continuum, ou gradient régulier, entre deux types extrêmes constitués de plantes précoces et tardives.

Dans un premier temps, nous avons essayé de caractériser la variabilité en considérant le caractère de précocité défini par le jour de première floraison (J1FL). Les limites de cette stratégie nous ont conduits à attribuer une place plus importante aux regroupements naturels obtenus avec la technique des nuées dynamiques.

#### 1. Discrimination sur la précocité.

Nous avons, au départ, travaillé sur un ensemble de 412 introductions de *A.esculentus* évaluées simultanément.

Les groupes sont définis de la manière suivante:

- P : Groupe précoce: J1FL inférieur à 45 jours;
- M: Groupe moyen: J1FL compris entre 45 et 60 jours;
- T : Groupe tardif: J1FL supérieur à 60 jours.

Par ordre de précocité les effectifs des groupes ainsi formés sont les suivants : P (75), M (294), T (43). L'effectif est, dans un premier temps, réduit afin de faciliter les manipulations de fichiers et pour éliminer une partie des types moyens, les plus fréquents, qui tendent à déséquilibrer les analyses. Nous avons réduit aléatoirement le groupe M à 50 introductions.

Une analyse discriminante est réalisée sur la structure ainsi définie, en utilisant l'ensemble des variables quantitatives. Les résultats montrent que, sur cette base de groupement, le niveau d'apparition de la première fleur sur la tige principale, exprimé en nombre d'entre noeuds, (N1FL) est la variable qui maximise le rapport des variances.

Le pourcentage total d'individus bien classé est de 71% (tableau 13). Il n'est pas possible de l'améliorer. En effet, si l'on introduit une deuxième variable, ce pourcentage diminue.

Tableau 13: Pourcentages de bien classés pour les *A. esculentus* du Togo et du Bénin en analyse discriminante basée sur les groupes de précocité.

Groupe <i>a priori</i>		P	M	T
Groupe final	P	78,5	21,5	0,0
	M	34,0	63,0	3,0
	T	8,3	25,0	66,7

## 2. Recherche de groupes par agrégation autour de centres variables.

La stratégie précédente montre qu'il est difficile d'aller plus loin dans l'analyse à partir de la structure *a priori* telle que nous l'avons définie.

Les agrégations autour de centres variables (nuées dynamiques de Diday) présentent l'avantage de tenir compte des proximités entre individus.

En l'utilisant, nous définissons également trois groupes principaux. Les groupes obtenus par nuées dynamiques sont nommés A, B, C. Les précédents, obtenus sur le critère de précocité, sont rebaptisés 1 (P), 2 (M), 3 (T). Les pourcentages des correspondances entre les deux structures sont reportés dans le tableau 14.

Tableau 14: Correspondances entre les groupes de précocité et les groupes obtenus avec les nuées dynamiques (%).

Précocité		1	2	3
Nuées-Dynamiques	A	-	71	29
	B	80	17	3

Pour tenir compte de cette double source d'information, nous avons réorganisé les critères de groupement. Le symbolisme suivant est adopté, le groupe A2 correspond aux individus classés en A par les nuées dynamiques et en 2 pour la précocité.

Le groupe A1 est un ensemble vide. Le groupe B3 ne comporte que peu d'éléments, il est inclus dans B2. On obtient ainsi sept nouveaux groupes.

Une analyse discriminante, basée sur cette nouvelle structure, permet d'augmenter considérablement le pourcentage de bien classés, celui-ci atteignant 96%. Trois descripteurs suffisent, ce sont:

- le niveau de 1ère floraison;
- le nombre d'entre-nœuds sur la tige;
- la largeur des fruits.

Nous avons représenté sur le plan factoriel (1x2) de l'analyse discriminante, les limites de distribution des groupes (figure 17). L'importance numérique de chacun est visualisée par le pourcentage d'individus qui le compose.

Le groupe C1 (46%), est le plus important, il correspond au type de plante le plus communément rencontré, c'est-à-dire une structure voisine des cultivars internationaux tel par exemple Clemson Spineless. Son importance réelle est plus grande, nous l'avons délibérément réduite au début de l'analyse. Les autres groupes contiennent chacun entre 6 et 16% de l'effectif total.

La complémentarité des deux modes de groupement confère une bonne définition de la variabilité. Chaque méthode prise séparément ne donnant que trois groupes.

### 3. Vers une stratégie de typologie.

Pour effectuer le test de validité, nous avons repris l'ensemble des 412 introductions. La démarche précédente est reproduite. L'analyse met en évidence dix groupes distincts qui, testés par analyse discriminante, donne 90% de bien classés. Les variables discriminantes sont au nombre de cinq. Les trois premières sont les mêmes que précédemment, seul l'ordre est modifié.

Le nombre d'entre-nœuds sur la tige (NEN) devient la plus discriminante, elle est suivie par le jour de première floraison (J1FL) et la largeur des fruits (LAFR). Le complément est apporté par le poids de mille graines (PMIL) et l'amplitude de mise à fleur (AMPL).

Nous proposons, à partir des résultats de cette analyse, la définition d'une typologie voisine d'une clé taxonomique botanique. Il est nécessaire, pour y arriver, de recoder les variables quantitatives en classes. Le recodage peut se faire en reportant sur un graphique les valeurs moyennes des variables par ordre d'importance discriminante. Cette représentation permet de choisir judicieusement les limites de classes, exercice difficile autrement.

Figure 17: Représentation des sept groupes sur le plan factoriel discriminant (1X2).

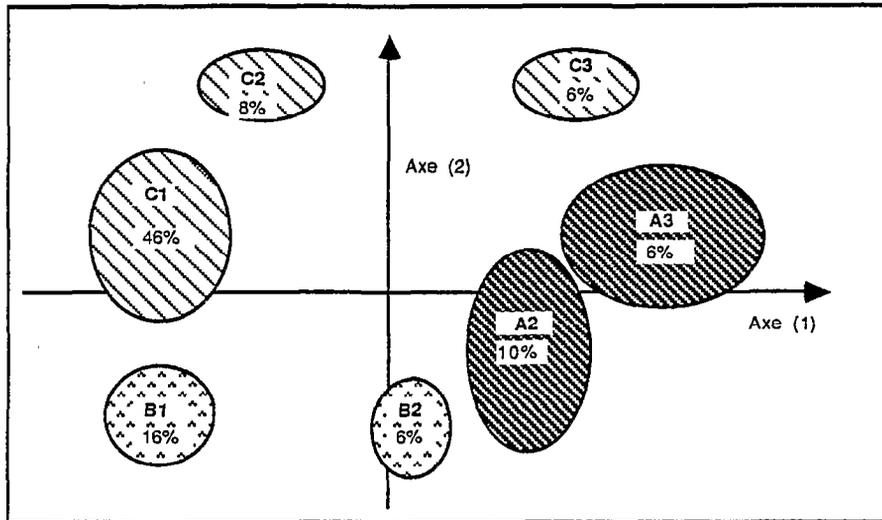
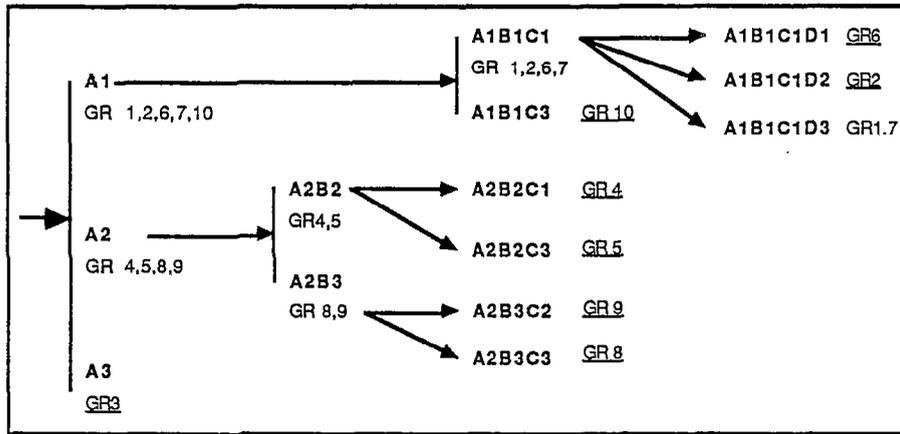


Tableau 15: Recodage des quatre premières variables discriminantes.

Limites	Inférieur à	Compris entre	Supérieur à
Variables			
Nombre d'entre noeuds	9	9 et 12	12
Niveau de 1ère floraison (B)	7	7 et 9	9
Largeur des fruits (C)	2,1	2,1 et 2,5	2,5
Poids de mille graines (D)	50	50 et 60	60
CODE	1	2	3

Figure 18: Clé de discrimination chez *A.esculentus*.

Cette procédure donne, dans notre cas, les limites reportées dans le tableau 15.

Les variables numériques sont affectées d'une lettre et d'un chiffre. Ainsi, A1 correspond à un nombre d'entre-noeuds émis inférieur à neuf. Le groupe six, possède ainsi un nombre d'entre-noeuds inférieur à neuf, un niveau de floraison inférieur à sept, des fruits très fins et un poids de mille graines inférieur à 50 grammes. La répartition des dix groupes obtenus en suivant le mode de discrimination proposé est présentée sur la figure 18.

Cette représentation permet, à partir des dix groupes mis en évidence, dont la validité a été testée, de classer toute nouvelle introduction n'ayant pas participé à l'analyse.

Si cette introduction correspond au groupe 3, la valeur de la variable A (nombre d'entre-noeuds) sera suffisante. Au contraire pour faire une distinction entre les groupes 1 et 7, il faudra les cinq variables discriminantes.

## II. La typologie à travers la nomenclature paysannale.

Les éléments qui nous permettent de proposer une typologie à travers la nomenclature paysannale proviennent, pour une grande part, de la traduction systématique des noms vernaculaires recensés au cours de la collecte effectuée au Togo et au Bénin (Hamon et Charrier 1983). Nous y adjoindrons, ici et là, quelques informations d'autres pays.

Pour le gombo, la nomenclature africaine traditionnelle fait référence à un nom générique et à un ou plusieurs noms spécifiques:

- le nom générique est en quelque sorte l'équivalent d'un patronyme, il sert à distinguer le gombo des autres plantes cultivées;
- le nom spécifique est le plus important, car c'est lui qui permet l'identification variétale dans le concept agricole africain.

### 1. Les noms génériques.

Chaque ethnie possède un terme générique propre. Il sera, aux variations phonétiques près, le même pour une ethnie déterminée ou un groupe d'ethnies possédant une histoire commune.

Au Togo-Bénin, nous avons trouvé les fréquences relatives suivantes :

- Mana ou des dérivés proches : 32 %
- Fevi ou Fetri : 26 %
- Yobonou : 14 %
- Ila : 9 %

à ceux-ci s'ajoutent quelques autres, plus rares : Outi, Oumoko, Imoa.

Dans d'anciennes publications, les noms génériques ont été assimilés à des noms variétaux, ce qui n'a aucun sens. Les principaux noms génériques rencontrés en Afrique de l'Ouest sont reportés dans le tableau 16.

---

Tableau 16: Principaux noms génériques du gombo recensés en Afrique de l'Ouest.

---

Fevi ou Fetri:	Ewe et Fon du sud Togo-Bénin,
Gban-Gbana-Gbah:	Dioula-Malinke (Nord Côte d'Ivoire, Guinée, Mali),
Gbolou:	Baoulé ( Côte d'Ivoire),
Gbouhé	Guéré (Côte d'Ivoire),
Ila:	Nagot (Togo),
Koubawa:	Haoussa (Niger),
Kandia-Kandjié:	Serer- Wolof (Sénégal),
Mana-Mane:	Cotocoli-Gourma-Pila (Togo-Bénin),
Nkrum:	Ashanti (Ghana),
Poré:	Gouroussi (Nord Côte d'Ivoire et sud B.Faso),
Salo:	Lobi-Dagari- Mossi (B.Faso)-Peuhl.
Toguéké:	Senoufo (Nord Côte d'Ivoire et sud Mali),
Yobonou:	Bariba-Boussa (Bénin -Nigéria),

---

## 2. Les noms spécifiques.

Les noms spécifiques sont beaucoup plus nombreux. Par delà la multitude de noms différents, due aux divers langages employés, se cache une remarquable constance (figure 19).

Le niveau de définition de la reconnaissance est fonction de l'importance que revêt la plante pour les agriculteurs.

Dans la zone de forêt sempervirens, la culture du gombo est relativement accessoire. La distinction se base simplement sur la durée approximative du cycle.

### 2a. La reconnaissance en fonction du cycle.

La reconnaissance en fonction du cycle est la démarche la plus commune. Elle constitue un critère fiable de discrimination entre les deux espèces cultivées:

- A. esculentus* (gombo précoce ou de saison des pluies),
- A. caillei* (gombo tardif ou de saison sèche).

En zone de forêt semi-décidue, la précision atteint des niveaux très fins. Il n'est pas rare d'identifier des noms qui traduisent des périodes exprimées en nombre précis de jours. Ils se réfèrent soit aux durées de la phase végétative, (gombo 30 ou 45 jours) soit aux dates de semis. L'allusion à la saison des pluies (se sème avant, en fin de saison, en petite saison des pluies etc...) est néanmoins la plus courante.

Dans la zone de savane, plus sèche, certains noms vernaculaires font état des associations culturelles. On trouve ainsi:

- "le gombo de butte d'igname";
- "le gombo de petit mil";

Pour les "gombos de petit mil", cela correspond à un phénotype très particulier des plantes qui ont une croissance monopodiale importante.

Certains noms vernaculaires relatent l'endroit du semis:

- "le gombo d'à côté de l'arbre"
- "gombo du marigot";
- "gombo du jardin".

Enfin, quelques noms sont en relation directe avec une production particulière:

- "produit sur les feuilles";
- "gombo du fou" (cycle variable);
- "produit tout le temps"
- "gombo jumeaux" (mutation avec pédicelle dupliqué).

## 2b. Identification sur la forme ou l'aspect des fruits.

La deuxième grande classe de critères est fondée sur la forme ou l'aspect des fruits. Deux types principaux, très courants, se dégagent. Il s'agit des gombos "corne d'antilope" et "joue d'agouti".

Ces deux formes ne se rencontrent que chez *A. esculentus* et les critères de variation en sont spécifiques. Il n'y a donc aucune ambiguïté possible en utilisant ces termes.

En ce qui concerne le type variétal "corne d'antilope", il n'y a aucune confusion possible. Le nom vernaculaire se réfère toujours à la partie anatomique de l'antilope. Les termes suivants signifient la même chose (Passacoba en Bariba; Sizo ou Ezizo en Fon; Owoagbani en Nagot; Tchingnenai en Sénoufo; Blompou en Yacouba; "corne de biche blanche" donne en plus la couleur etc ...).

Les fruits, correspondant à ce type ont une longueur minimale, à maturité complète, de 25 à 30 cm. La moyenne générale pour *A. esculentus* étant de 15 cm. Le type de plante correspondant est par contre assez variable, même s'il s'agit fréquemment de petites plantes.

Le type variétal "joue d'agouti" fait allusion aux joues dodues d'un mammifère rongeur dont la chair est très prisée en Afrique. Les qualificatifs varient cependant et l'on rencontre de nombreuses variantes:

- "petit bol rempli";
- "gombo de célibataire";
- "un seul suffit", etc ...

D'autres caractères sont également pris en compte. Les termes correspondant aux couleurs de fruits (noir-blanc), à l'aspect de leur surface (lisse-épineux), à une forme originale à fruits très fins (queue de rat), à la structure (mou), sont fréquemment employés.

Plus rarement, il est fait allusion à un statut social (gombo du pauvre) ou à une similitude avec une autre plante (gombo coton).

## 2c. Références à l'usage alimentaire ou aux interdits.

Le totémisme est une pratique courante en Afrique tropicale. Il consiste en l'interdiction, pour un individu, une famille, un clan, de consommer certains aliments.

Pour le gombo, nous ne connaissons que le cas lié à *A. moschatus*. Ce comportement se rencontre au sud du Togo et du Bénin où les pratiques du vaudou (\*) sont encore importantes. Il se manifeste également en pays Bariba (Bénin central) comme relique en Côte d'Ivoire, chez les Baoulés, où le "gombo totem" porte le nom d'Aki Adi.

---

(\*) Le terme Vaudou a comme origine le mot béninois : "vodu" qui signifie danse.

Les associations de noms directement liés à la consommation sont assez rares, ils concernent alors le goût, la qualité de la sauce obtenue, la facilité de préparation, et le mode de conservation (en rondelles séchées).

#### 2d. Caractérisation en fonction de l'origine.

Les noms traditionnels font très peu référence à l'ancienneté de la culture dans le village ou la région. Une expression amusante concerne le terme de Agbodouba utilisé chez les Nagot, qui signifie "on a ouvert les yeux pour voir ça". Autrement dit, cette variété était déjà cultivée depuis plusieurs générations au moment de leur naissance.

Cependant, en majorité, les qualificatifs se réfèrent à la zone géographique d'origine ou à l'ethnie qui véhicule la variété tels:

- "gombo des Peuhls";
- "gombo du blanc";
- "gombo du Ghana".

### III. Typologie et éco-géographie; un exemple: la Guinée.

La Guinée, est caractérisée par une grande diversité géographique. Les régimes pluviométriques oscillent entre 1000 et 4000 mm annuels. Le massif du Fouta Djallon module le paysage. Le fleuve Gambie et le fleuve Niger y prennent leur source.

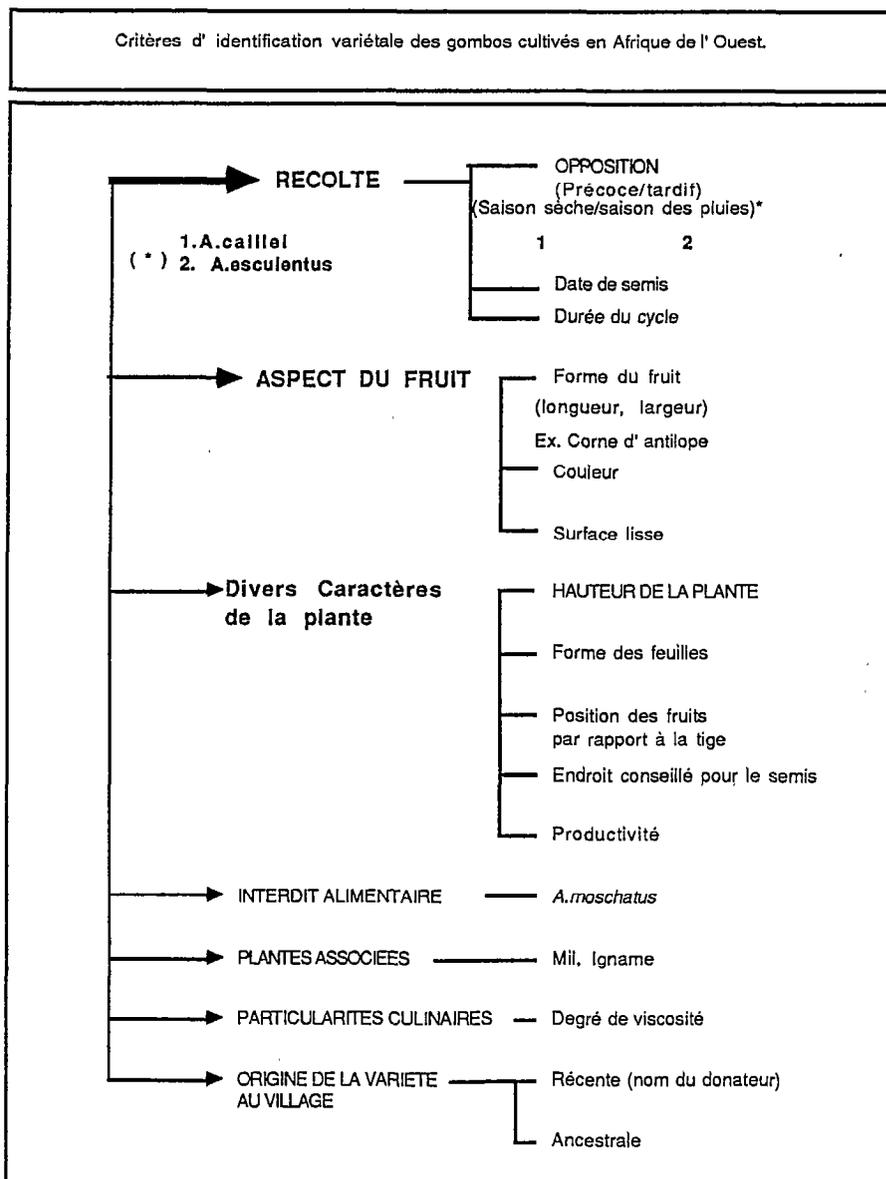
Entre les isohyètes 1400 mm, au voisinage des frontières avec le Sénégal et le Mali, et 2200 mm délimitant le début de la zone forestière, on trouve dans presque tous les villages les deux espèces. Ce n'est que plus au sud, en zone très humide (2200 à 4000 mm), dans la région de Kindia-Conakry que *A. caillei* devient l'unique espèce cultivée.

Toutes les variables définies précédemment ont été utilisées. Une analyse en composantes principales montre que la séparation entre les deux formes cultivées est nette. Toutefois, comme nous l'avions déjà évoqué pour la Côte d'Ivoire, il existe un léger degré d'interpénétration entre les deux nuages.

Pour l'analyse typologique, nous avons procédé comme précédemment pour le Togo et le Bénin; chaque espèce prise séparément. Les regroupements obtenus par la méthode des nuées dynamiques sont reportés sur le plan factoriel principal (1x2) (figures 20a,b).

Chaque groupe stable est testé pour sa validité en analyse discriminante en faisant intervenir les variables initiales. Nous adoptons par la suite, la nomenclature suivante: les groupes sont précédés d'une lettre fonction de l'espèce à laquelle ils appartiennent, (E) pour *A. esculentus* et (C) pour *A. caillei*.

Figure 19: Critères d'identification variétale des gombos cultivés en Afrique de l'Ouest.



### 1. L'organisation de *A. esculentus* en Guinée.

Trois groupes d'introductions sont mis en évidence, le quatrième n'est constitué que des onze témoins Clemson Spineless.

Ces derniers montrent la dispersion relative d'une même variété plantée en plusieurs endroits de la parcelle d'évaluation et confèrent donc une idée de l'homogénéité de la parcelle et des mesures. Ils soulignent également une position extrême du nuage d'*A. esculentus* permettant les comparaisons avec les représentations graphiques fournies par ailleurs.

Les trois groupes sont nommés de 1 à 3 par ordre d'importance des effectifs : E1 (42%), E2 (34%), E3 (24%). L'analyse discriminante donne un bon classement général de 85%. Le groupe 3, bien individualisé, ne pose pas de problèmes, un seul mal classé; la zone d'imprécision se situe entre 1 et 2 (18% de 1 dans 2), (7% de 2 dans 1). Cette zone de recouvrement apparaît nettement sur le graphique.

L'adjonction de variables qualitatives en AFC donne quelques éléments d'information complémentaires.

\*Les plantes précoces ont:

- une coloration dominante verte (fruits + tiges + feuilles);
- des feuilles entières;
- le spot floral uniquement externe.

\*Les plantes intermédiaires possèdent:

- des fruits plus larges et plus longs;
- des fruits assez fréquemment verts mais également légèrement anthocyanés;
- une tige quelquefois très rouge;
- les feuilles plutôt découpées, voire laciniées.

\*Les plantes les plus tardives n'ont pas de caractéristiques particulières, la tige redevient uniformément verte.

### 2. La structure de *A. caillei* en Guinée.

Les groupes sont au nombre de quatre avec les effectifs suivants: C1 (57%), C2 (20%), C3 (14%), C4 (5%), plus 4% d'individus non classés. Le témoin, ORS 520, se place dans le groupe GR 3. Les groupes obtenus par les nuées dynamiques sont projetés sur le plan (1x2) d'une A.C.P. (figure 20b).

On remarque ainsi les deux groupes extrêmes sur l'axe (1) que sont C3 (précoce, production rapide, grande taille) et C2 (tardif, long à atteindre la première floraison pour l'ensemble des plantes, avec un diamètre et un nombre d'entre-nœuds élevé. Pour ce dernier, la longueur des entre-nœuds est excessivement courte (environ 1 à 2 cm au lieu de 5 à 10 cm ordinairement).

La majorité des plantes (C1) sont intermédiaires entre ces deux types extrêmes.

L'analyse discriminante effectuée sur ces groupes donne un pourcentage de bien classés de 90%. En fait, les groupes C1 et C2 sont bien classés à 95%, la diminution résulte d'éléments de C3 qui ont tendance à se classer dans C4.

L'adjonction des variables qualitatives donne les informations complémentaires suivantes.

Les plantes tardives ont tendance à avoir:

- des fruits en position très retombante, de couleur vert foncé (fort duvet noir);

Les plantes précoces possèdent:

- des feuilles très découpées à laciniées;
- des fruits soit ronds (type ORS 520), soit longs et fins (type queue de rat).

Une fraction non négligeable des introductions, contrairement à d'autres pays, présente soit des fruits fortement épineux (18%), soit des graines abondamment duveteuses (15%). Le groupe C2 comporte la proportion la plus élevée de ces caractères. A l'opposé, le groupe C3 n'a pas de représentants aux fruits épineux, et a la plus faible proportion de pilosité.

### 3. Projection géographique des groupes.

Sur la carte (figure 20c), nous avons reporté les isohyètes de pluviométrie de 1400-1600 et 2200 mm annuels et la projection des groupes obtenus.

#### 3a. Projection des groupes de *A. caillei*.

On constate que le groupe C1, englobant la majeure partie des effectifs, se répartit préférentiellement dans la zone des plateaux du Fouta Djallon. On trouve cependant des éléments dans toute la frange comprise entre les isohyètes de précipitation 1400 et 1600 mm annuels.

Le groupe C2, tardif, se situe plus particulièrement au sud des isohyètes 2200 mm, au sein du triangle délimité par Mamou, Boké, Conakry. On peut rencontrer quelques éléments ailleurs mais très rarement.

Le groupe C3, précoce, se positionne exclusivement dans le triangle délimité par Mamou, Kissidougou, Kankan (à l'est). Des types analogues se rencontrent également au nord-ouest de la Côte d'Ivoire (nord de Touba).

Figure 20a: Limites de groupes des nuées dynamiques sur le plan 1\*2 de l'ACP sur *A.esculentus* de Guinée

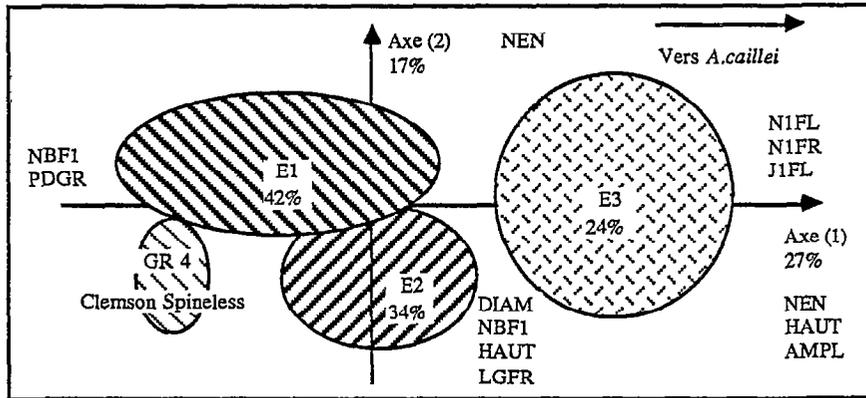
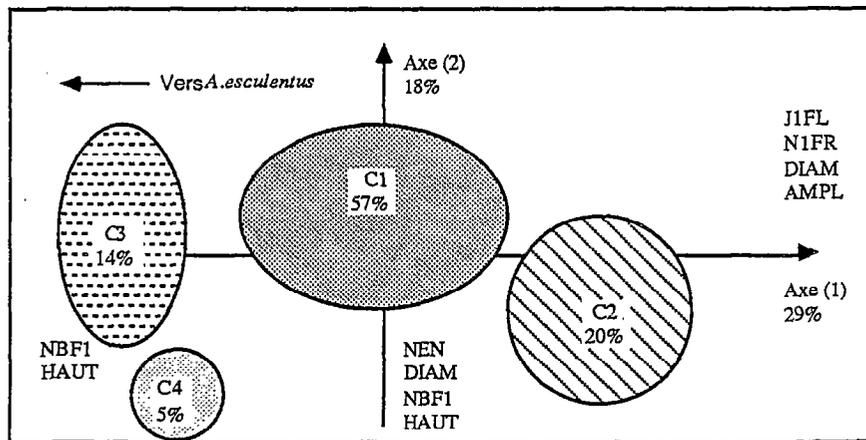


Figure 20b: Limites de groupes des nuées dynamiques sur le plan 1\*2 de l'ACP sur *A.caillei* de Guinée



3b. La projection des groupes de *A.esculentus*.

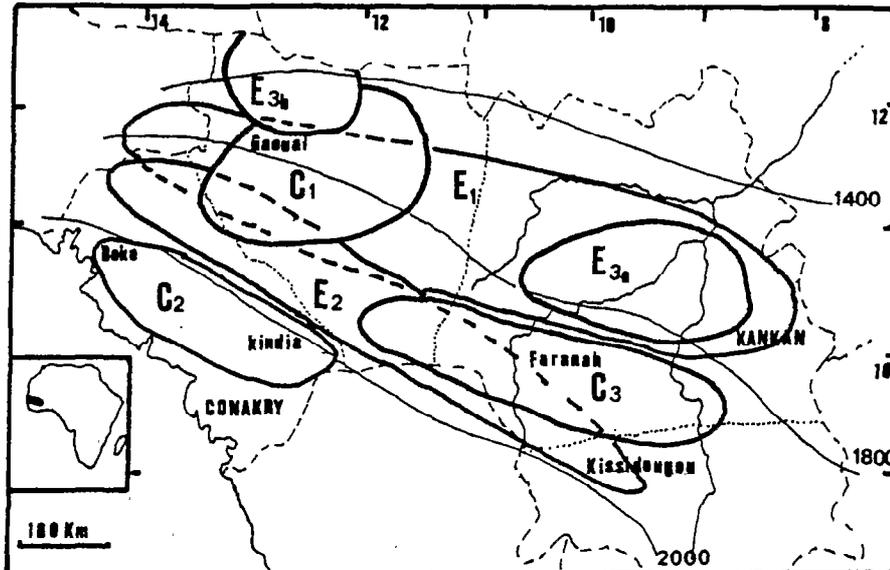
La projection des groupes obtenus avec *A.esculentus*, suit particulièrement bien les lignes de pluviométrie.

Le groupe E1 se situe entre les isohyètes 1400 à 1800 mm annuels. Le phénotype morphologique des plantes est caractérisé par de nombreuses particularités des plantes sahéliennes.

Le groupe E2 se projette entre 1800 et 2200 mm de pluviométrie. Les ressources disponibles en eau lui permettent d'avoir un cycle plus long.

Le groupe E3 est réparti sur deux aires distinctes (E3a et E3b) qui se superposent respectivement aux bassins des deux fleuves que sont le Niger au Nord Est et la Gambie au Nord Ouest. Il correspond à des enclaves humides en zone sèche et se distingue ainsi du groupe E1.

Figure 20c: Projection des groupes obtenus sur la carte de Guinée.



## F. CONCLUSIONS ET DISCUSSION.

Nous avons abordé différents niveaux d'organisation de la variabilité au sein des deux espèces cultivées de gombo.

Les deux espèces *A. esculentus* et *A. caillei* ne coexistent seulement en Afrique de l'Ouest. Nous avons montré qu'elles diffèrent, entre autres, par de nombreux critères morphologiques, des relations de corrélation entre les variables de développement, et des profils monomorphes pour plusieurs systèmes enzymatiques

Hors de l'Afrique, seule *A. esculentus* est cultivée. Les critères de sélection, très stricts, ont conduit à une réduction notable du polymorphisme morphologique des plantes. A quelques exceptions près, les introductions que nous avons reçues se ressemblent toutes.

Sur le continent africain il faut dissocier les régions Est et Ouest. L'aspect général des plantes d'Afrique de l'Est se rapproche fortement de celui de nos introductions non africaines.

Le polymorphisme morpho-phénologique est plus important dans la partie Ouest. L'Égypte et le Soudan, génétiquement assez proches, constituent la zone géographique la plus diversifiée au niveau enzymatique.

L'analyse typologique montre que, quelle que soit la voie d'approche, les critères de précocité interviennent de manière prédominante. D'autre part, le nom vernaculaire ne constitue jamais une dénomination abstraite, dépourvue de sens.

La typologie numérique conduit à des groupes ayant un sens bio-écologique.

La richesse allélique d'une espèce donnée, à un moment et un endroit déterminés, est influencée par de très nombreux facteurs. L'organisation de la diversité génétique des espèces cultivées de gom-bos correspond à une très faible variabilité enzymatique associée, en dehors de l'Afrique de l'Ouest, à un polymorphisme morpho-phénologique réduit. Peut-on expliquer ces observations?

Les études de l'organisation évolutive des espèces utilisent différentes voies d'approche, pouvant être scindées en deux grandes catégories. La première étudie l'expression du phénotype externe, accessoirement le polymorphisme caché. La seconde utilise des techniques biochimiques qui permettent d'aborder les marqueurs à expression interne de la plante.

Les caractères morpho-phénologiques sont sujets aux effets de l'environnement. En contre-partie, ils recouvrent un domaine de variation où l'expression est de nature polygénique. Leur impact évolutif est souvent très important. L'étude de la morphologie générale de la plante, de son développement, font intervenir la pleiotropie, la régulation, l'épistasie, les complexes polygéniques et la plasticité phénotypique. Tous ces caractères existent sous forme de complexes équilibrés coadaptés.

Les descripteurs biochimiques, au sens large, s'affranchissent des facteurs environnementaux. Ils ont souvent un déterminisme génétique simple. Les phénomènes de pleiotropie et d'épistasie sont peu opérants.

Giannasi et Crawford (1986) effectuent une synthèse de nombreuses études réalisées durant les deux dernières décennies. Selon ces auteurs, le développement considérable des connaissances repose sur l'analyse des descripteurs isoenzymatiques. Les micromolécules (terpènes, flavonoïdes) doivent être considérées comme des éléments additionnels de confirmation. Les résultats obtenus par les nouvelles techniques macromoléculaires, d'analyse du support génétique de l'information, sont encore trop récents pour disposer d'un recul critique suffisant vis-à-vis de la technique. L'utilisation unique des marqueurs enzymatiques chez le gombo, aurait conduit à une conclusion de non variabilité et peut être à un arrêt prématuré des évaluations.

Le polymorphisme enzymatique et morphologique ne sont pas nécessairement corrélés (Soltis 1982). Quels sont les facteurs principaux susceptibles d'intervenir dans la modulation de la variabilité ?

Hamrick *et al.* (1979) étudient l'organisation de la variabilité de 113 taxons en considérant 12 critères. Selon ces auteurs: " ... les espèces qui possèdent des aires de répartition larges, des hauts niveaux de fécondité, réalisant de l'allogamie anémophile, dont le cycle reproductif est long,... ont plus de variabilité interne que celles qui possèdent d'autres combinaisons de ces caractères..".

Les deux espèces cultivées de gombo ont un certain nombre de particularités biologiques qu'il est bon de préciser. Ce sont des espèces cultivées, amphiploïdes de haut niveau. L'une, *A. esculentus* possède une aire de distribution très large et un cycle court. L'autre, *A. caillei*, est endémique de l'Afrique de l'Ouest et a un cycle pouvant s'étaler sur une année.

Le mode de reproduction est l'autogamie préférentielle. Il est, à l'évidence, difficile d'après les conclusions de Hamrick *et al.* (1979) de comprendre l'organisation particulière de la diversité des gombos dans un contexte général aussi mal défini.

Nous allons, dans ce qui suit, évoquer différents éléments qui permettent de rendre compte du phénomène observé. Il s'agira tout d'abord d'étudier les impacts du mode de spéciation et de la polyploïdisation. Puis la mutation (création de variabilité) et le mode de reproduction (fixation) seront évoqués. Enfin, nous terminerons par les effets de l'ancienneté de la culture et du mode de sélection dans un milieu où le totémisme est encore une pratique courante.

L'origine génétique des espèces, ou en d'autres termes, le mécanisme de spéciation dont elles sont issues, joue un rôle fondamental dans la diversité finale. Il faut distinguer, deux modes principaux de spéciation, la spéciation divergente et la spéciation instantanée.

La spéciation divergente fait référence à la mise en place progressive de la barrière reproductrice entre deux entités. Elle commence par des différenciations morphologique et enzymatique simultanées.

La divergence morphologique peut précéder l'isolement et s'installer progressivement alors que le flux génique est maintenu. Une modification progressive de la morphologie florale n'aura pas forcément de conséquence immédiate. Puis, brusquement, un changement mineur produira une incompatibilité physique. Crawford (1985) relate les différences phases de l'étude de Gottlieb sur les espèces de *Stephanomeria*, où la divergence morphologique a précédé la divergence enzymatique.

La spéciation instantanée se produit lorsque le flux génique est interrompu brutalement sans différenciation progressive préalable.

La spéciation par amphiploïdie est un exemple particulier (\*).

Les mécanismes génératifs de polyploïdes sont de deux ordres, soit il y a absence de réduction chromosomique lors de la méiose, soit il y a un doublement, ce dernier pouvant être spontané ou provoqué. La spéciation instantanée produit-elle une réduction de la variabilité au sein de la nouvelle espèce?

Selon Mayr (1974), la "révolution génétique" provoque une réduction notable de la variabilité transmise "variabilité transportée" et une augmentation considérable de l'homozygotie. De plus, les équilibres entre les complexes géniques coadaptés sont déstabilisés.

Les fréquences alléliques seront perturbées et des allèles rares pourront, du fait du hasard d'échantillonnage, se retrouver dans une population fondatrice et acquérir une fréquence importante qu'ils n'avaient aucune chance d'avoir dans la population source.

Pickersgill (1976) utilisant le terme de "bottleneck speciation" développe un point de vue assez proche. Carson et Templeton (1984) comparent leurs théories respectives ("fondation flash" de Carson; "transhumance génétique" de Templeton). à celle de Mayr.

Selon ces auteurs, la variabilité est "transportée" de la population source vers la nouvelle. Dans ce cas la réduction de variabilité n'est pas systématique mais purement aléatoire. Les modifications se font sentir principalement sur les gènes majeurs et leurs modificateurs.

Barton et Charleworth (1984) pensent qu'il n'y a pas de support théorique pour supposer qu'une divergence évolutive rapide puisse prendre place dans de petites populations périphériques, tel que le suggère Mayr. Gilinsky (1986) précise qu'il est, à l'heure actuelle, difficile de conclure. Il reconnaît que la spéciation par fondation est un mode différent des autres car il n'est pas induit par des différences de niveaux adaptatifs.

L'effet de fondation, quelles que soient les théories, présente un certain risque, obligatoire ou aléatoire, de perte de variabilité. La fondation par amphiploïdie, telle celle des deux espèces cultivées de gombo, est accompagnée d'une importante perte de diversité "transportée".

---

(\*) Les plantes polyploïdes représentent de 40 à 70% du monde végétal. Les Malvacées comprennent de nombreux polyploïdes, au sein du genre *Nonotriche* (2n=41%, 4n=31%, 6n=12%, 8n=12%) et du genre *Tarasa* (50%). Les fréquences de polyploïdes secondaires sont très élevées au sein des genres *Hibiscus*, *Gossypium* (50%) et *Abelmoschus*.

Parmi les plantes cultivées les plus connues, on peut citer:

-les espèces autopolyploïdes, *Dactylis glomerata* (herbe des vergers), *Medicago sativa* (luzerne), *Musa sapientum* (banane), *Solanum tuberosum* (pomme de terre).

-les espèces allopolyploïdes *Avena sativa* (avoine), *Coffea arabica* (café), *Festuca eliator* (festuque), *Gossypium hirsutum* (coton), *Nicotiana tabacum* (tabac), *Triticum aestivum* (blé).

L'espèce de gombo *A. esculentus* est peu variable du point de vue enzymatique. Nos expériences préliminaires sur les espèces spontanées collectées en Thaïlande (Hamon *et al.* 1987) montrent que les systèmes monomorphes pour les espèces cultivées sont variables chez les espèces spontanées de niveau de ploïdie inférieur.

L'espèce *A. caillei*, hybride de niveau supérieur à *A. esculentus*, et présumée dérivée de celle-ci, présente une diversité enzymatique encore plus réduite que cette dernière.

Crawford (1985), effectue le bilan de la contribution des données obtenues par électrophorèse à la compréhension des mécanismes de spéciation. Cet auteur souligne que les résultats sont à moduler en fonction du complexe d'espèces et des mécanismes de spéciation qui sont intervenus. Ainsi:

- les spéciations récentes apparaissent comme corrélées avec peu ou pas de divergence au niveau des électromorphes.

- les spéciations par hybridation entre espèces apparentées présentent une additivité des électromorphes. La situation idéale, pour l'analyse, est alors la présence d'allèles exclusifs, préférable à des différences de fréquences de bandes communes.

Simultanément, Davis et Gilmartin (1985), analysent les apports des évaluations morpho-phénologiques. Selon ces auteurs, les données enzymatiques sous-estiment la variabilité génomique. Ils rappellent que les genres *Capsicum*, *Clarkia*, *Gaura*, *Sullivantia*, *Tetramolopium*, *Zea* expriment de substantielles variations morphologiques associées à des variabilités enzymatiques négligeables. Ces observations se rapprochent de la situation des gombos cultivés.

Roose et Gottlieb (1976) démontrent qu'il y a souvent une additivité simple des électromorphes des espèces parentales chez les polyploïdes. Cette sommation correspond à une hétérozygotie fixée, liée à un monomorphisme.

Cherry *et al.* (1970, 1972), étudient la variabilité de trois systèmes enzymatiques (Estérases, Catalases et Leucine amino-peptidases) pour de nombreuses espèces de *Gossypium*. Ces auteurs montrent que les amphiploïdes récents *G. tomentosum*, *G. barbanense*, et *G. hirsutum* présentent une additivité *in vitro* et *in vivo* des profils des espèces parentales diploïdes dont ils sont issus. Cependant, des modifications sont intervenues, au niveau des génomes homéologues, après la spéciation. L'additivité n'y est donc pas stricte.

Une autre petite difficulté survient, au niveau de l'interprétation, lorsque de nouveaux hétérodimères, inexistantes chez les formes parentales, s'expriment. Selon Gottlieb (1982), le nombre d'isozymes observables pour un système, reflète le nombre de compartiments cellulaires avec un phénomène conservatif assez important.

Pour chaque système lié à la glycolyse ou à la voie des pentoses, il y a en moyenne, deux isozymes pour chaque compartiment. Pour les MdH et AdH, ce niveau est fréquemment de trois. Chez le Maïs, pour ce dernier on a cinq gènes (3 interviennent au niveau des mitochondries, 2 codent pour des formes actives dans le cytoplasme). Avec trois locus hétérozygotes 21 combinaisons enzymatiques sont observées.

Chez le gombo, les profils enzymatiques, manifestent de l'hétérozygotie fixée importante. Les profils MdH, à seize bandes, sont particulièrement originaux de ce point de vue. Certains systèmes enzymatiques présentent des profils communs pour les deux espèces cultivées. Pour les systèmes discriminants, il y a, pour trois d'entre eux, addition d'électromorphes au profil d'*A.esculentus* pour aboutir à celui de *A.caillei*. L'apparition plus tardive de l'espèce africaine est vraisemblable.

Le relatif monomorphisme des systèmes enzymatiques, l'additivité des profils et le degré important de spéciation par polyploïdie, devraient permettre d'élucider rapidement les relations évolutives au sein du genre *Abelmoschus*, à condition de disposer des espèces parentales putatives.

L'hypothèse d'additivité stricte, si elle était appliquée, notamment pour les AdH, conduirait, d'après nos connaissances actuelles, à rejeter l'hypothèse d'origine amphiploïde de *A.caillei* avec intervention de *A.manihot*.

Cependant, l'aire d'origine d'*A.caillei* est selon toute vraisemblance située en Afrique de l'Ouest. En Guinée, la fréquence des introductions ayant du duvet roux sur les graines et des fruits épineux est importante. Ces caractères rappellent ceux des formes spontanées, notamment de *A.manihot* et *A.tetraphyllus*.

A notre connaissance, d'après les résultats de collectes (voir première partie) et des relevés d'herbiers (Charrier et Hamon 1982), il n'y pas de traces de populations d'espèces sauvages en Afrique de l'Ouest. Les indications faisant référence à *A.manihot* confondent cette espèce et *A.caillei*. Des isolats d'espèces sauvages peuvent cependant exister. L'espèce *A.moschatus*, introduite, est maintenue par les paysans. On peut penser que des formes particulières de *A.manihot* furent présentes à un moment donné en Afrique de l'Ouest.

Nos observations en Thaïlande (Hamon *et al.* 1987) montrent que cette espèce est abondamment utilisée en corderie. Chevalier (1940) relate ce mode d'utilisation sur les rives du Niger à propos de la variété "textilis" d'*A.esculentus*.

Ces dernières décennies, la déforestation a complètement bouleversé l'équilibre de la flore tropicale, de nombreuses espèces ont disparu. Une réponse claire quant à la présence et au rôle de *A.manihot* ne peut pas être fournie avec les données dont nous disposons.

Le mode de spéciation par amphyploïdie diminue la diversité transportée. Elle est souvent associée à un mode de reproduction autogame. Par exemple, l'espèce de café *Coffea arabica* est la seule amphiploïde du genre, elle est également la seule autogame. Sa diversité enzymatique est faible (Berthou *et al.* 1980). Le mode de reproduction a-t-il un impact sur la diversité ou l'inverse ?

Il semble que les plantes allogames maintiennent plus de polymorphisme enzymatique que les autogames et que les plantes tropicales ou cosmopolites soient plus variables que celles dont l'habitat est bien spécialisé (Gottlieb, 1977 - Nevo, 1978 - Brown, 1979).

Rick (1984) donne l'exemple d'espèces du genre *Lycopersicum* (tomate). Sur neuf espèces, dont le nombre de chromosomes est le même ( $2n=24$ ), la variabilité diminue régulièrement lorsque l'on passe d'un mode de reproduction allogame vers un mode autogame. Le passage de l'allogamie vers l'autogamie au cours de l'évolution est une idée fort répandue.

Les mutations des systèmes génétiques d'incompatibilité conduisent souvent, à terme, à l'autocompatibilité (\*) (Nettancourt, 1977).

Les espèces issues d'amphiploïdisation, du fait de la réduction de variabilité, peuvent souffrir à tout moment de "dépression de consanguinité". Dans ce contexte, les plantes adaptées à l'autogamie pourraient être favorisées. En effet, elles présentent, en principe, une homozygotie plus importante ou du moins une aptitude supérieure à se maintenir en régime de petite population consanguine. Elles sont favorisées lorsqu'il s'agit d'occuper de nouveaux territoires car la nécessité de partenaire proche n'est pas obligatoire (Real, 1983).

Les gombos cultivés (voir première partie) sont des plantes autogames plus ou moins strictes. Les formes spontanées apparaissent comme potentiellement plus allogames (P sur O supérieur) mais sont autocompatibles et plus polymorphes au niveau enzymatique (données non publiées). Les formes cultivées ne souffrent pas de "dépression de consanguinité". De nombreux types rencontrés, phénotypiquement fixés, se maintiennent identiques à eux mêmes par autofécondation.

La source de nouvelle variation est la mutation. Chez une plante cultivée autogame, comme le gombo, lorsque des mutations apparaissent, elles peuvent être très rapidement fixées. Lorsqu'elles affectent des variations au niveau qualitatif, elles sont déterminées par un ou quelques gènes majeurs dont le mode de transmission est simple. Leurs fréquences au sein du matériel cultivé dépendent du compromis entre la sélection naturelle et la sélection par l'homme.

---

(\*) Cependant l'absence de polymorphisme enzymatique ou protéique n'est pas spécifique à ces modifications: Wagner et Briscoe (1983), Gyllensten *et al.* (1985), Schwartz (1985).

Les cultivars de café (*Coffea arabica*) d'Amérique Centrale et du Sud n'ont qu'une base génétique très étroite (Berthaud, 1986). Lors de la domestication et au cours de la sélection, le phénotype des plantes cultivées est régulièrement modifié par les objectifs du cultivateur. Les caractères retenus seront ceux qui s'expriment directement au niveau du phénotype de la plante (Pickersgill, 1976).

Un certain nombre de caractères, jugés défavorables, seront éliminés même si leur impact adaptatif était, au départ, important. A l'opposé, des caractères qui n'auraient eu aucune chance de se maintenir, seront sélectionnés et minutieusement maintenus.

Chez le gombo, on a l'impression que, par delà des critères de reconnaissance communs, la sélection par les paysans en Afrique de l'Ouest a abouti à une multitude de types différents. Il y a également maintien d'une variabilité importante pour l'igname africaine *Dioscorea cayenensis-rotundata*, où l'on peut reconnaître près d'une vingtaine de groupes variétaux (Hamon *et al.* 1986).

Le totémisme est une pratique importante en Afrique noire. Selon Dammann (1978), il est important au niveau animal mais moindre au niveau végétal. Pour le gombo, des relations de totémisme existent, de manière évidente pour *A. moschatus* qui est cultivée essentiellement pour cette raison.

Pour l'igname ces comportements sont également persistants. Ainsi, *Dioscorea bulbifera* dans l'ouest de la Côte d'Ivoire, est plantée près des cases, sa consommation est interdite pour certaines personnes. *Dioscorea minutiflora*, espèce sauvage, est plantée dans la cour lors de la naissance de jumeaux.

L'espèce de riz d'origine africaine, *Oryza glaberrima*, est devenue très rare en Côte d'Ivoire. Pham et de Kochko (1983) en ont trouvé deux échantillons. Le premier à Gahably (Guéré) n'est conservé pour les individus dont le riz est le totem, le second à Pounié (Krou) est semé par les femmes ayant eu des jumeaux.

N'y aurait-il pas un lien entre la persistance du fétichisme et la conservation de certaines formes dont les types "corne d'antilope" et "joue d'agouti" qui seraient fortement contre sélectionnés dans un programme d'amélioration ? Lorsque l'on demande à un paysan africain pourquoi tel type original est maintenu, la réponse n'est pas claire. On a l'impression d'une certaine fierté liée à la possession d'une "variété" personnelle.

Pour Harris (1967), le passage du "savoir agricole" de l'Afrique de l'Est vers la région du delta central du Niger se serait produit vers 3000 av. J.C. Il ne se serait propagé que beaucoup plus tard dans la zone forestière. La région comprise entre l'Égypte, le Soudan et l'Éthiopie a la tradition de culture la plus ancienne.

Vavilov (1935), a mis en évidence des Centres d'origine indépendants. En Afrique, il parle des foyers méditerranéen et abyssin.

Selon cet auteur, le gombo aurait une origine en Abyssinie (Zone éthiopienne).

Portères (1950) ne nie pas l'importance du foyer abyssin mais propose un foyer complémentaire ouest-africain, caractérisé par de vieilles cultures céréalières. Murdock (1959) reprend cette thèse et postule l'existence d'un foyer précoce de domestication par les Mandingues (5.000 ans av. J.C.).

Pourtant, l'Afrique de l'Ouest a relativement peu d'espèces spontanées correspondant aux espèces cultivées. Seules quelques plantes cultivées actuelles dont les ignames (complexe *Dioscorea Cayennensis-rotundata*), le fonio (*Digitaria exilis*), le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), le riz africain (*Oryza glaberrima*) et le gombo africain (*Abelmoschus caillei*) sont originaires de cette région.

Combien de temps faut-il pour recréer la variabilité importante observée chez les gombos d'Afrique de l'Ouest à partir de formes aussi peu polymorphes que celles des *A. esculentus* non africains ? Était-elle seulement cachée, comme le suggèrent Pernès et Lourd (1984), pour les plantes autogames ?

Les paysans africains ont "adapté" leurs variétés de gombo au type de culture. La culture dite "de case" consiste en un semis, ou une repousse naturelle, de graines collectées (tombées) au même endroit l'année précédente. Le but est l'auto-consommation le plus longtemps possible dans l'année. Les formes à cycle long sont sélectionnées dans un environnement à endogamie importante.

Les variétés associées au mil (*Pennisetum typhoides*), au nord Togo-Bénin, ont été très nettement retenues sur la base de leur grande taille, leur conférant un port typique.

Au Bénin, sur les flancs des buttes destinées aux plantations\* d'igname, est semé le "gombo de butte d'igname". Il a un cycle très court, il profite de l'humidité de la terre fraîchement retournée et assure une petite production complémentaire.

En résumé, *A. esculentus*, aurait perdu une grande partie de la diversité présente chez les formes sauvages lors de sa formation. Dans une certaine mesure, sa culture ancienne en Egypte et au Soudan, aurait permis la réapparition d'une légère variabilité enzymatique. Lors de son extension vers l'ouest, favorisée par son mode de reproduction autogame, une perte de variabilité supplémentaire se serait produite, par le simple fait de l'échantillonnage.

Il semble donc qu'à partir de variétés de *A. esculentus* cultivées et sélectionnées sur des critères très stricts, il se soit produit une nouvelle diversification en Afrique, favorisée par le totémisme et son extension aux plantes.

---

\* : le gombo y est semé dès le mois d'Octobre.

L'hypothèse d'apparition de *A.caillei* par hybridation entre *A.esculentus* et une espèce spontanée (peut-être elle même introduite), n'est pas à rejeter. Dans ce cadre, la Guinée présente peut-être un intérêt évolutif qui mériterait d'être réexaminé.

Même si la base génétique des espèces cultivées ne semble pas importante, le fétichisme, la diversité écologique, les modes culturels, l'intérêt porté traditionnellement au gombo, et certainement plusieurs facteurs simultanément, ont contribué à donner en Afrique de l'Ouest une diversité actuelle importante, spécifique et originale.

## QUATRIEME PARTIE

POSSIBILITES DE TRANSFERTS GENIQUES  
INTRA ET INTERSPECIFIQUES  
IMPLIQUANT LES ESPECES CULTIVEES



L'analyse de la biologie de la reproduction nous a permis d'obtenir des informations précises sur les possibilités d'interpollinisation au sein et entre les deux espèces cultivées de gombo. Les connaissances acquises sur les aires de distribution et la structure de la variabilité mettent en relief la situation génétique actuelle.

Ce bilan conduit à s'interroger sur les possibilités réelles d'intercroisement. Un premier aspect concerne les deux espèces cultivées, c'est-à-dire leur capacité à produire des hybrides et la fertilité de ces derniers. Un second porte sur la création d'une nouvelle espèce, en d'autres termes quels sont les résultats des pollinisations de *A. esculentus* par une espèce spontanée apparentée à "*A. manihot*" et les possibilités de maintien de ces hybrides interspécifiques ?

Au préalable, nous aborderons un aspect plus pragmatique, mais indispensable, celui des problèmes posés par les pollinisations contrôlées. Il faut pouvoir transmettre, avec efficacité, des caractères intéressants d'une variété à une autre, d'une espèce spontanée vers les espèces cultivées.

Les obstacles les plus difficiles à franchir sont les mécanismes de stérilité engendrés par les barrières reproductives interspécifiques. Mais, au niveau intraspécifique, il n'est pas toujours facile de transférer un ou des caractères d'une variété plus ou moins rustique vers une variété améliorée.

Au sein de notre unité de recherche à l'ORSTOM, nous avons étudié des plantes pour lesquelles différentes limitations intraspécifiques interviennent; une reproduction apomictique pour le Panicum (Combes 1975, Pernès 1975, Savidan *et al.* 1984) des systèmes d'incompatibilités génétiques chez le Café (Berthaud, 1986), des éloignements génétiques entre formes *indica* et *japonica* chez le Riz (Second 1985).

En ce qui concerne le gombo, des limitations reproductives au niveau interspécifique ont été rapportées par divers auteurs. Par contre, au niveau intraspécifique, aucune n'est mentionnée. Signalons tout de même que les taux de réussite des croisements ne sont guère évoqués.

Nous avons utilisé au cours de la seconde partie de ce document quelques variétés de *A. esculentus* pour l'étude de la biologie florale. Parallèlement, l'étude du déterminisme génétique de nombreux caractères morpho-phénologiques est menée au laboratoire (Koechlin, non publié).

La nécessité de réaliser des émasculations pour obtenir des hybrides contrôlés est un des premiers éléments à prendre en compte pour une espèce hermaphrodite. Il est apparu que pour certaines combinaisons, les taux d'obtention d'hybrides étaient très faibles. Ceci nous a conduit à examiner d'un peu plus près ce phénomène et à proposer, dans le premier chapitre de cette partie, des solutions simples pour y remédier.

Les relations génétiques entre *A.caillei* et les autres espèces du genre ne sont pas bien connues. Siemonsma (1982a,b), Martin (1982), donnent quelques informations sur les possibilités d'obtention d'hybrides entre les deux espèces cultivées. La production artificielle d'hybrides interspécifiques est influencée par les barrières reproductives mais également par les effets liés à l'émasculatation.

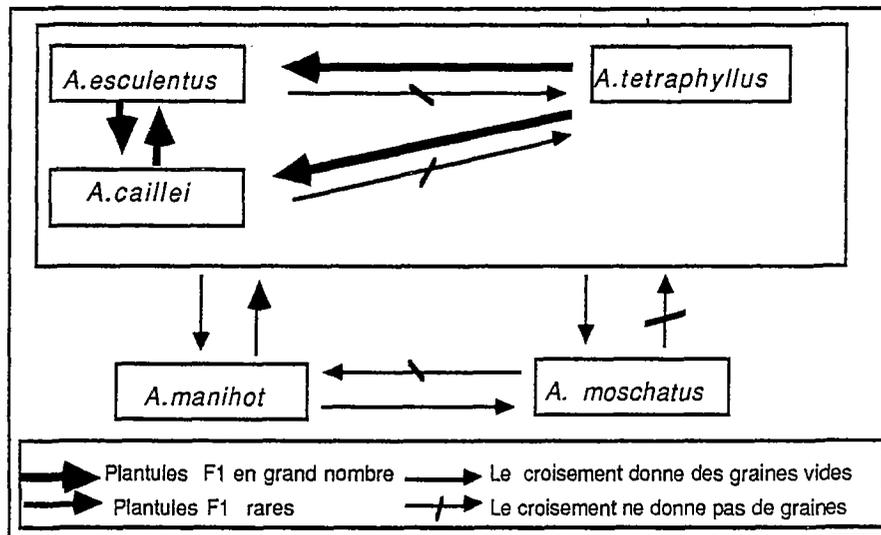
Les possibilités de croisement entre les espèces dont nous disposons en collection ont été étudiées par Hamon et Yapo (1985), elles sont résumées dans la figure 21. Il est possible d'obtenir des plantes en quantité importante entre les deux espèces cultivées, quel que soit le sens du croisement, ainsi que des hybrides issus de la pollinisation de celles-ci par *A.tetraphyllus*.

L'intégrité génétique d'une espèce nécessite la mise en place et le maintien de barrières reproductives importantes. A l'opposé, le transfert de potentialités agronomiques entre espèces demande de pouvoir surmonter ces barrières reproductives. La connaissance des relations interspécifiques comporte donc un aspect fondamental lié à la spéciation et un aspect appliqué propre à l'amélioration des plantes.

Quels sont les caractères intéressants à transférer? Entre les deux espèces cultivées, il s'agit des caractères spécifiques ayant un intérêt potentiel, par exemple, les possibilités de production plus importante de *A.caillei*.

Le principal fléau pour la culture, au sud de la Côte d'Ivoire est la virose "Leaf Curl" qui sévit entre les mois de janvier et mai. Les effets sont tels que la production de *A.esculentus* est totalement anéantie.

Figure 21: Compartiments reproductifs entre les deux espèces cultivées et quelques espèces spontanées.



L'espèce *A.caillei* est par contre tolérante, mais sa phase végétative est un peu trop longue. La recherche d'un compromis entre les deux pourrait avoir un impact important sur la production en zone tropicale humide. L'utilisation de l'espèce spontanée *A.tetraphyllus* de comportement rustique, est également à considérer.

Dans le second chapitre de cette partie, nous aborderons les caractéristiques de développement et de stérilité des deux combinaisons *A.esculentus* croisé par *A.caillei* et *A.esculentus* croisé par *A.tetraphyllus*.

## A.LES LIMITES LIEES A L'EMASCULATION.

### I.Croisements contrôlés entre six variétés de *Abelmoschus esculentus*.

Nous avons croisé dix variétés de gombo afin d'étudier la transmission de leurs nombreux caractères originaux (Koechlin, non publié). Les résultats montrent que les taux de nouaison varient entre les différents géniteurs femelles. Quatre groupes de comportement (GR1 à 4) sont pressentis. Ils comprennent les variétés suivantes:

- GR1: ORS 803, ORS 1043, ORS 1159, ORS 1355,  
ORS 1467;
- GR2: ORS 772, ORS 1051 et ORS 2137;
- GR3: ORS 1506;
- GR4: la variété Clemson Spineless.

Du fait des difficultés rencontrées pour obtenir certaines combinaisons hybrides, ce point a été particulièrement étudié. Nous avons suivi un schéma de croisement entre quatre géniteurs utilisés comme mâle et femelle et deux autres utilisés uniquement comme mâles, tel que:

- un géniteur représente chaque groupe, ORS 803, ORS 2137, ORS 1506 et Clemson Spineless sont à la fois mâle et femelle;
- ORS 1467 et ORS 1051 ne sont que pollinisateurs.

Les taux de nouaison, le nombre de graines par fruit ainsi que le poids de mille graines pour les 24 combinaisons sont reportés en annexe 7 page ...

#### 1.Les taux de nouaison.

Sur la figure 22, nous avons reporté les taux de nouaison pour chaque femelle en fonction du pollen utilisé. Ceux-ci sont relativement constant pour un géniteur femelle donné, par contre, des différences apparaissent entre les variétés:

- les taux moyens de nouaison des géniteurs ORS 803 et ORS1506 sont similaires et voisins de 60% ;

-Clemson Spineless, se positionne au niveau le plus faible, inférieur à 10%;

-le parent ORS 2137 est en position intermédiaire (35%).

La nature du pollen déposé semble, en moyenne, peu intervenir. On note, cependant, une baisse lors de pollinisations par ORS 803 des femelles ORS 803 et ORS 1506, et à l'opposé une augmentation importante lorsque ORS 2137 est pollinisée par ORS 1467 (la plus rapide pour la nouaison, cf. deuxième partie).

La pollinisation forcée induit un meilleur taux de remplissage des fruits, surtout pour les variétés dont le nombre d'ovules disponibles est élevé telles ORS 803 et Clemson Spineless (tableau 17).

Figure 22: Illustration des taux de nouaison pour les 24 combinaisons étudiées (émasculations et pollinisations manuelles).

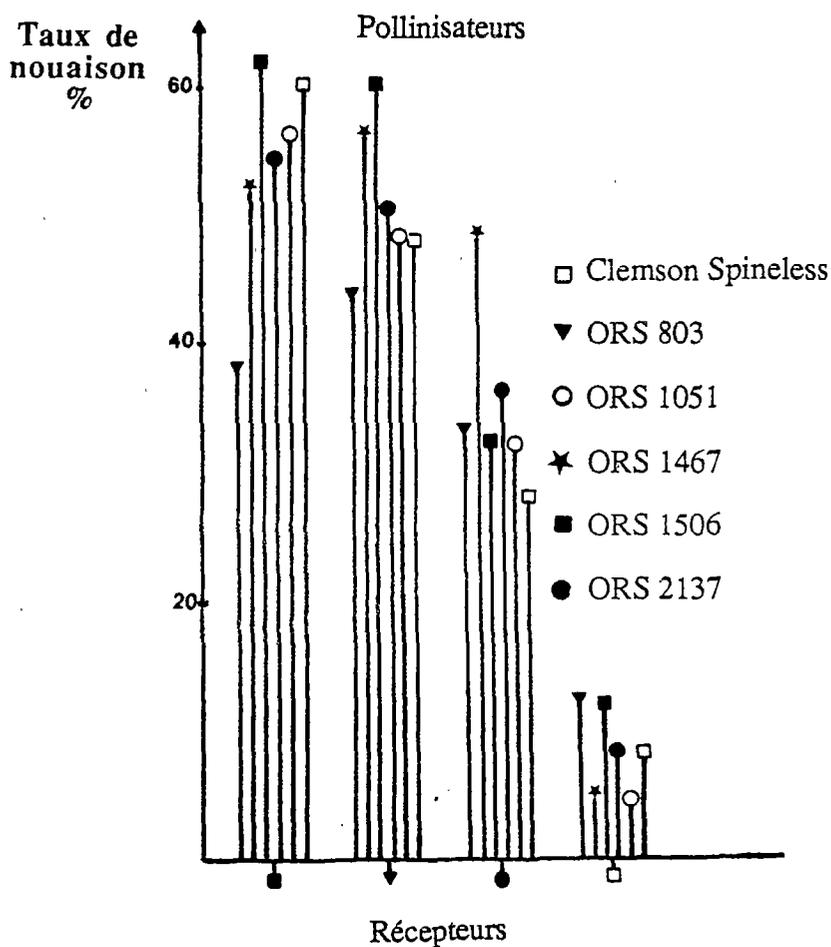
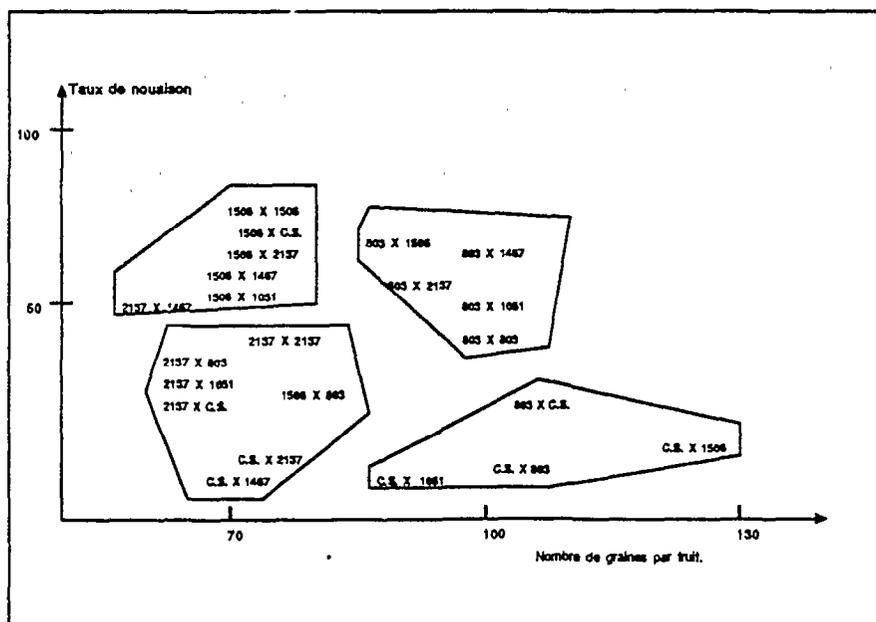


Tableau 17: Coefficients de remplissage des fruits en pollinisations libres et forcées.

Géniteur	803	1506	2137	C.S.
Graines par fruit en pollinisation forcée	102	78	74	90
Graines par fruit en pollinisation libre (P.L.)	84	71	65	76
Pourcentage d'ovules non fécondés en P.L.	17,6	8,9	12,1	15,5

Figure 23 : Représentation des groupes de comportement face à l'émasculatation.



## 2. Les groupes de comportement stable.

Quatre groupes sont mis en évidence en utilisant la méthode des nuées dynamiques. Leur validité, testée par analyse discriminante, aboutit à un classement correct à 100% avec l'intervention du nombre de graines par fruit et du taux de nouaison.

Sur la figure 23, nous avons reporté ces deux variables, et indiqué les limites des quatre groupes. Les groupes A (dominante ORS 1506) et B (dominante ORS 803) sont caractérisés par un taux de nouaison, voisin ou supérieur à 50%. Ils se différencient par le nombre de graines contenu dans leurs fruits. Le groupe C (dominante ORS 2137) est plus hétérogène que les deux précédents. Il renferme deux combinaisons avec Clemson Spineless femelle. Le nombre de graines par fruit est réduit. Le groupe D, à dominante Clemson Spineless, a toujours un niveau de nouaison très faible. Le nombre de graines formées par fruit est par contre assez variable.

Pour chaque géniteur femelle, la position à des niveaux comparables des autofécondations et des hybrides, sous-entend que la réduction du taux de nouaison est liée aux effets de l'émasculature et non pas à des incompatibilités génétiques.

## 3. Les influences climatiques.

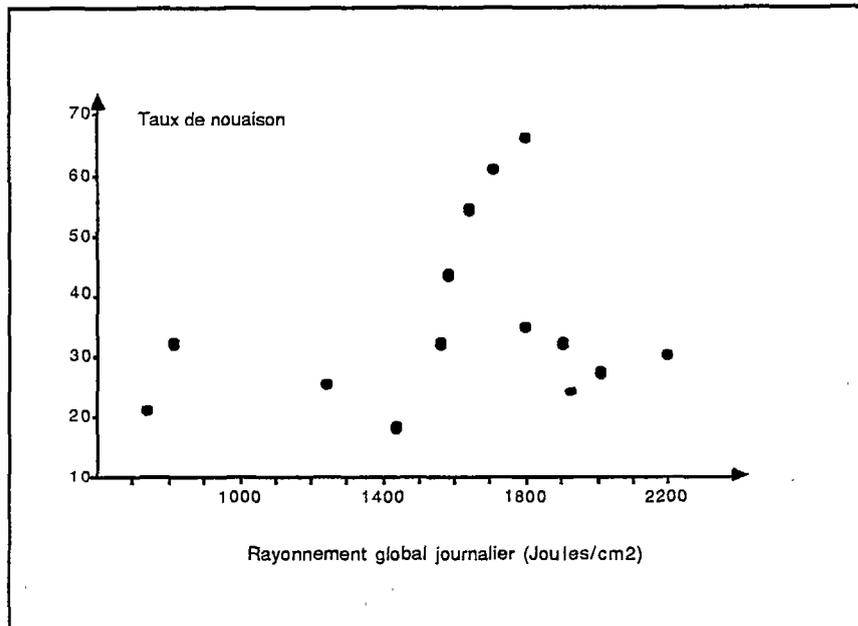
Les géniteurs femelles présentent des réactions aux facteurs climatiques mais des intensités de réponse différentes.

Les comportements moyens des quatre variétés diffèrent d'un jour à l'autre. Les premiers jours, le ciel était très couvert et les taux de nouaison furent faibles. La pluie de 11 mm du 5 octobre 1986 semble produire une diminution de nouaison pour la variété ORS 803. A partir du 7 octobre et pendant 10 jours, le temps fut de plus en plus ensoleillé (Rayonnement global "RG" supérieur ou égal à 2000 Joules par cm<sup>2</sup>).

Les taux de nouaison, après avoir atteint un maximum (100 % pour la variété ORS 1506), chutent à 30%. Un arrosage de 20mm, le 14 octobre, correspond à un léger redressement, mais la décroissance reprend malgré un nouvel arrosage et deux orages successifs.

Sur la figure 24, la moyenne journalière des taux de nouaison est représentée en fonction du rayonnement global quotidien. Un niveau moyen de nouaison supérieur à 40 % ne s'observe qu'avec un R.G. compris entre 1600 et 1900 Joules / centimètre carré. En deçà (temps couvert) et au delà (temps trop ensoleillé) la chute du taux de nouaison est importante.

Figure 24: Les taux de nouaison en fonction du rayonnement global



## II. Transmission aux descendance de la susceptibilité aux émasculations.

La cause principale de la diminution des taux de nouaison provient d'une susceptibilité à la castration, autrement dit d'une "faiblesse induite" par la suppression des anthères, la veille de la fécondation. Une série de croisements a été réalisée entre les deux variétés ayant les comportements les plus différents soient ORS 1506 et Clemson Spineless (C.S.).

Les taux d'obtention des hybrides réciproques de première génération (F1x) ne sont pas équivalents. Lorsque le parent femelle est ORS 1506 (F1a), le taux de nouaison est d'environ 60 %; dans le sens inverse (F1b), il est très faible (moyenne=12 %). Cependant, dans les deux cas, les graines F1 obtenues germèrent correctement. Les plantes fleurissent et fructifient sans stérilité apparente. Leur phénotype est identique, et intermédiaire entre les deux parents.

A partir des F1x, trois types de F2 ont été obtenus ainsi que deux croisements en retour:

- F1a ( autofécondation) \_\_\_\_\_ F2a;
- F1b ( autofécondation) \_\_\_\_\_ F2b;
- F1b X F1a \_\_\_\_\_ F2c;
- F1b X C.S. \_\_\_\_\_ BC1b;
- F1b X ORS 1506 \_\_\_\_\_ BC2b.

Deux croisements supplémentaires, ont été réalisés avec ORS 803.

- (C.S. X ORS 803) \_\_\_\_\_ F1c;
- (F1b X ORS 803) \_\_\_\_\_ CR3V.

Chaque descendance est testée pour son comportement après émas-  
culation et pollinisation par un géniteur commun (ORS 1506). Les  
résultats sont reportés dans le tableau 18.

Tableau 18: Comportements face à l'émasculatation pour des  
combinaisons entre les groupes extrêmes ( Avril 1987).

Descendance testée.	Taux de nouaison (%)	Intervalle de confiance (5%)	Nombre de croisements (5%)
C.S. (Témoin)	2	2	56
ORS 1506	38	11	62
ORS 803	45	11	59
F1b C.S. X 1506	19	9	52
F1a 1506 X C.S.	7	5	49
F1c C.S. X 803	13	5	90
F2b (C.S. X 1506) AF	28	8	94
F2a (1506 X C.S.) AF	17	6	109
F2c (C.S. X 1506) X (1506 X C.S)	20	6	94
BC2b (C.S. X 1506) X 1506	45	8	95
BC2b (C.S. X 1506) X C.S.	11	5	94
CR3V (C.S. X 1506) X 803	41	7	131

A partir d'un parent sensible et d'un parent tolérant, on obtient des F1 manifestant une faiblesse hybride. Les croisements en retour ne sont pas équivalents. Lorsque Clemson Spineless (susceptible) est utilisé, le niveau de nouaison demeure faible. La restauration d'un bon niveau de nouaison ne se produit qu'avec la variété parentale (non sensible) ORS 1506 ou une autre (également insensible) ORS 803.

Les différentes F2, donnent des taux de nouaison intermédiaires oscillant entre 17 et 28 %. Le nombre de fleurs émises par plante (environ 10) ne permet pas de déterminer exactement sa susceptibilité propre (en terme de génotype). Il ne sera identifiable que par les tests sur les F3 obtenues par autofécondation des F2 (Annexe 8 page ..).

Quoiqu'il en soit, nos résultats montrent que l'amélioration génétique à partir de variétés présentant une susceptibilité à l'émasculatation risque d'être difficile. Ceci explique peut-être l'absence de variétés sélectionnées issues de Clemson Spineless.

### III. Deux moyens simples de résoudre le problème.

Dans certaines conditions, l'obtention d'hybrides en grande quantité, même au niveau intraspécifique, peut être problématique.

La transmission de la susceptibilité à la castration, indique que l'on peut restaurer, dans certaines conditions, par croisement récurrent, un bon niveau de nouaison. Ci-dessous, nous présentons deux techniques simples utilisables pour améliorer la production d'hybrides lorsqu'une variété manifeste une susceptibilité à l'émasculatation.

#### 1. Pollinisation avec émasculatation partielle.

Tenant compte de la biologie florale du gombo (Cf. deuxième partie), nous avons émis l'hypothèse qu'il n'était peut-être pas nécessaire de réaliser une émasculatation totale. Nous avons procédé à trois types d'émasculations partielles, par élimination:

- des deux couronnes supérieures d'anthère (C2);
- des quatre supérieures (C4);
- de la moitié des couronnes supérieures (C1/2);

Les pollinisations sont faites avec la variété testrice (rouge) ORS 803, qui permet le contrôle de pureté et la détection des autofécondations. La variété testée Clemson Spineless est verte. Avec les traitements C1/2 ou C4 la pureté des descendance est complète mais le taux de nouaison demeure très faible (5%). Par contre, le traitement C2 confère un taux de nouaison de 50% avec seulement 20% d'auto-fécondation.

## 2. Pollinisation sans émasculatation.

L'émasculatation, même partielle, entraîne des manipulations importantes (40 à 50 émasculations par manipulateur et par soirée) pour un rendement faible.

Les taux de nouaison sont voisins de 100 % lorsque l'on ne pratique pas d'émasculatation. Nos résultats (Cf. partie 2) ont mis en évidence l'autofécondation progressive au cours de la matinée. On peut donc envisager des modulations des taux d'hybrides en fonction de l'heure de pollinisation.

Tableau 19: Pollinisations sans émasculatation à neuf et onze heures chez *Abelmoschus esculentus*.

Géniteur femelle	Heure	GR/FR	GR/S	GERM	HYB	%HYB
803	9	120,6	603	176	12	6,6
803	11	116,6	583	223	17	7,6
1043	9	112,4	562	356	109	30,6
1043	11	110,0	550	294	44	14,9
1467	9	134,6	673	439	37	8,4
1467	11	126,8	634	498	10	2,0
2137	9	95,4	477	389	28	7,2
2137	11	93,4	467	307	13	4,2
C.S.	9	121,0	605	149	44	29,5
C.S.	11	116,6	583	203	41	20,2

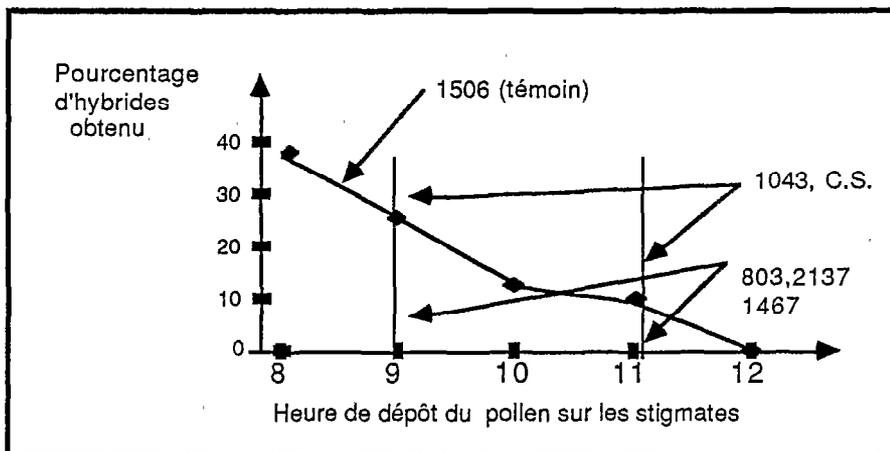
**Légende:** GR/FR : Nombre moyen de graines par fruit, GR/S: Nombre de graines semées, GERM: Nombre de graines germées, HYB : Nombre d'hybrides observé, %HYB: Pourcentage de plantules hybrides.

Six variétés sont utilisées: ORS 803, ORS 1043, ORS 1467, ORS 1506, ORS 2137 et Clemson Spineless. Les pollinisations des variétés vertes sont faites par ORS 803 (rouge). Celle-ci est par contre pollinisée par ORS 1043 (\*). Les taux d'hybrides obtenus par cette voie sont reportés dans le tableau 19.

Comme le laisse prévoir la cinétique d'autopollinisation de la variété ORS 1506, mise en évidence dans la seconde partie, pour chaque combinaison, le pourcentage d'hybrides diminue entre neuf et onze heures: figure 25.

Ces résultats confirment, d'autre part, nos observations sur le processus d'autopollinisation. En effet (cf. annexe 3) les deux variétés les plus lentes (ORS 1043 et Clemson spineless) donnent les taux d'hybrides les plus élevés.

Figure 25: Evolution des nombres d'hybrides en fonction de l'heure de pollinisation.



(\*) La variété ORS 1043, possède des fruits non aristés. Ce caractère se transmet avec semi-dominance en F1. Les fruits des plantes hybrides sont lisses vers l'apex et aristés à la base.

## B. LES POSSIBILITES DE TRANSFERTS INTER-SPECIFIQUES.

### I. Caractéristiques morpho-phénologiques des hybrides F1 obtenus

Nous avons le choix entre présenter plusieurs combinaisons obtenues entre des géniteurs différents ou nous consacrer à une étude plus approfondie d'une combinaison particulière. Nous avons opté pour la deuxième solution et choisi d'étudier les combinaisons réciproques entre *A. esculentus* (Clemson Spineless) et *A. caillei* (ORS 520), nos deux témoins en culture. Nous y avons adjoint les hybrides entre Clemson Spineless et *A. tetraphyllus* (ORS 278).

En effet, nos observations, réalisées lors d'expérimentations précédentes, montrent que les caractéristiques générales des plantes (précocité, phénotype, stérilité, fructification, etc...) ne diffèrent pas beaucoup en fonction des géniteurs. Ce sont des caractéristiques de ces combinaisons hybrides.

Nous décrirons, dans la mesure du possible, tous les hybrides simultanément. Dans quelques cas, lorsque des particularités apparaissent, les hybrides sont traités séparément. Les résultats présentés correspondent à des observations effectuées sur des effectifs minimum de 200 plantes par parent et combinaison hybride.

#### 1. Précocité.

Les données des premières floraisons sont transcrites dans le tableau 20. Elles sont présentées sous la forme de fréquences cumulées par tranches de dix jours.

L'hybride avec *A. tetraphyllus* est le plus précoce (64 % de floraison à moins de 50 jours). Viennent ensuite les deux combinaisons réciproques obtenues avec *A. caillei*. Dans ces deux cas les hybrides obtenus fleurissent en même temps et se confondent avec le parent Clemson Spineless. La floraison du parent ORS 520 (*A. caillei*) est la plus tardive, elle commence une dizaine de jours plus tard.

#### 2. Aspect général des hybrides.

Les caractères suivants ont été utilisés pour la description des parents et hybrides: Jour de floraison (J1FL), niveau d'insertion de la première fleur (N1FL), nombre d'entre-noeuds émis sur la tige principale (NEN), diamètre au collet (DIAM), hauteur des plantes en fin de cycle (HAUT), nombre de rameaux émis (NBRX), fructification sur la tige (FRTG), et fructification sur les rameaux (FRRX).

Tableau 20: Cinétiques de floraison des parents et hybrides  
(Fréquences cumulées par périodes de dix jours).

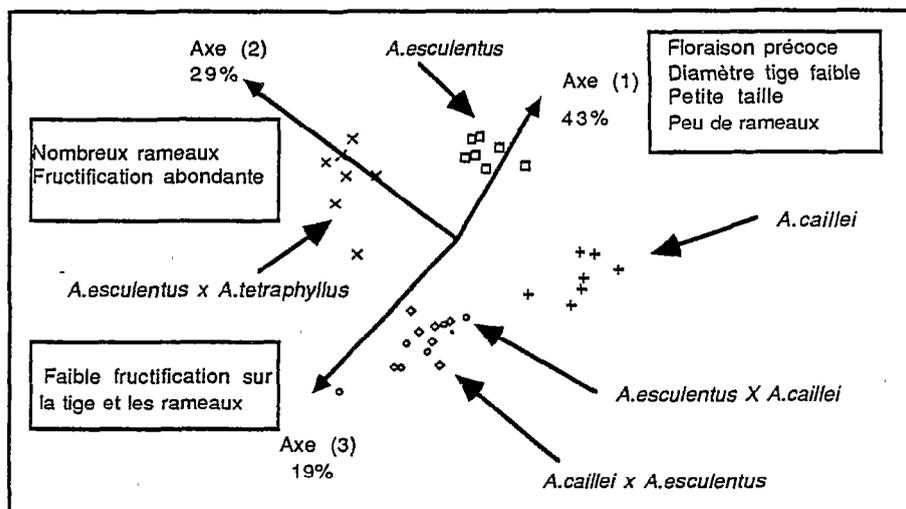
Jours	- 40	40	50	60	70	80	90	100
Plantes	49	59	69	79	89	99	110	
CAI	0	0	0	16,7	52,7	91,2	97,3	100,0
ESC	0	3,2	52,4	83,6	98,3	100,0		
ESC X CAI	0	1,8	52,3	89,9	100,0			
CAI X ESC	0	0	52,3	93,4	100,0			
ESC X TET	0	64,1	89,1	93,4	100,0			

Tableau 21: Caractéristiques des parents et hybrides.

		J1FL	N1FL	NEN	DIAM	HAUT	NBRX	FRTG	FRRX
CAI	Moy.	68,2	9,4	17,7	23,1	194,6	2,6	7,6	2,1
	s	5,9	2,1	5,0	7,8	64,9	2,5	3,1	3,6
ESC	Moy.	53,0	6,0	14,7	18,6	83,2	2,0	7,3	2,2
	s	7,3	1,1	4,1	5,5	26,8	1,5	3,5	2,7
ESC X CAI	Moy.	57,1	7,1	18,0	27,6	212,7	3,2	0,9	0,9
	s	4,6	1,1	4,5	7,0	55,3	1,9	1,3	1,3
CAI X ESC	Moy.	57,7	7,3	18,1	27,1	226,8	3,2	1,2	0,9
	s	4,6	1,9	3,7	6,5	52,3	1,7	1,3	1,1
ESC X TET	Moy.	46,5	7,2	19,7	24,4	206,8	6,02	5,5	14,4
	s	1,6	1,0	3,7	4,0	39,7	1,1	3,3	8,1

Légende: s= écart type, Moy.= moyenne

Figure 26: Espace factoriel F1\*F2\*F3 obtenu en ACP sur les parents et hybrides interspécifiques.



Nous avons réalisé une analyse en composantes principales sur les moyennes de chacune des sept répétitions de l'essai. Sur la figure 26, nous avons projeté les coordonnées factorielles des axes 1(49%), 2(29%) et 3(19%) visualisant ainsi 91% de l'inertie totale.

Le parent *A.esculentus* est associé aux valeurs positives de l'axe 1. Les plantes sont précoces de petite taille, ont un diamètre de la tige faible et peu de rameaux.

Les individus correspondant à l'hybride *A.esculentus* X *A.tetraphyllus* sont fortement corrélés avec l'axe 2. Leurs principales caractéristiques sont une fructification abondante et une forte ramification (à la base).

L'axe 3 caractérise les hybrides réciproques entre les deux espèces cultivées. Les deux nuages se recouvrent. Ces hybrides ont une fructification faible aussi bien sur la tige principale que sur les rameaux. Morphologiquement ils se rapprochent de l'espèce parente *A.caillei*.

## II. Expressions de la stérilité des hybrides interspécifiques.

### 1. Faible niveau de fructification des hybrides entre *A.esculentus* et *A.caillei*.

Les hybrides interspécifiques obtenus entre *A.tetraphyllus* (mâle) et les espèces cultivées, *A.esculentus* ou *A.caillei* (femelle), ont un modèle de fructification proche de celui d'une espèce fertile.

Ils produisent un fruit à chaque noeud. Ils diffèrent très nettement des hybrides interspécifiques obtenus entre *A.esculentus* et *A.caillei* dont la fructification est plus erratique.

Les plantes hybrides réciproques entre *A.esculentus* et *A.caillei*, dans nos conditions de culture ont, au minimum, 22 noeuds sur la tige principale. Dans la partie basale, entre le premier et le septième noeud, 70% d'entre elles, ou plus, émettent un rameau, excluant d'office la présence d'un fruit. Au delà du 22 ème noeud les arrêts progressifs de croissance liés à la sénescence des plantes se manifestent. Les pourcentages de fruits récoltés à chaque noeud sont représentés sur la figure 27.

Sur la tige principale, l'occurrence de nouaison n'est jamais supérieure à 50%. Le nombre moyen de fruits noués augmente de la base vers l'apex. La production totale par plante, en fin de cycle, pour les combinaisons réciproques est de dix fruits. Le ratio entre la production sur la tige et les rameaux est voisin de l'unité.

L'aspect de ces hybrides en fin de cycle est tout à fait caractéristique (planche photographique 4). Les plantes ayant manifesté une bonne vigueur atteignent une hauteur importante. On remarque souvent, pour une plante donnée, que des fruits sont émis juste au dessus des derniers rameaux, puisque sur plusieurs noeuds il n'y a plus rien.

Au milieu de la tige, il n'est pas rare d'observer une soudaine fructification sur deux à trois noeuds consécutifs. Enfin, très fréquemment juste avant de dépérir, il y a une fructification en phase sub-sénescence et production de trois à cinq fruits au niveau de l'apex.

Figure 27: Occurrence de nouaison à chaque noeud sur la tige principale des hybrides réciproques entre *A.esculentus* et *A.caillei*.

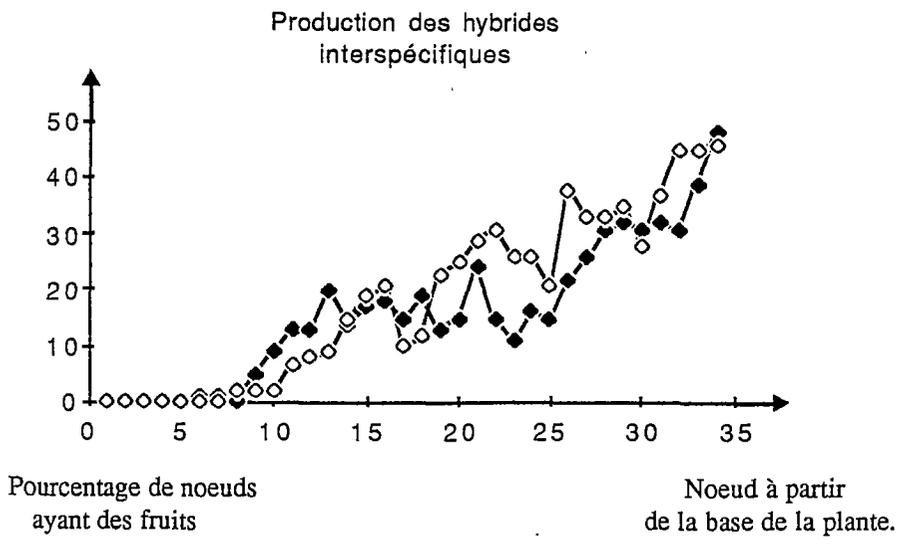
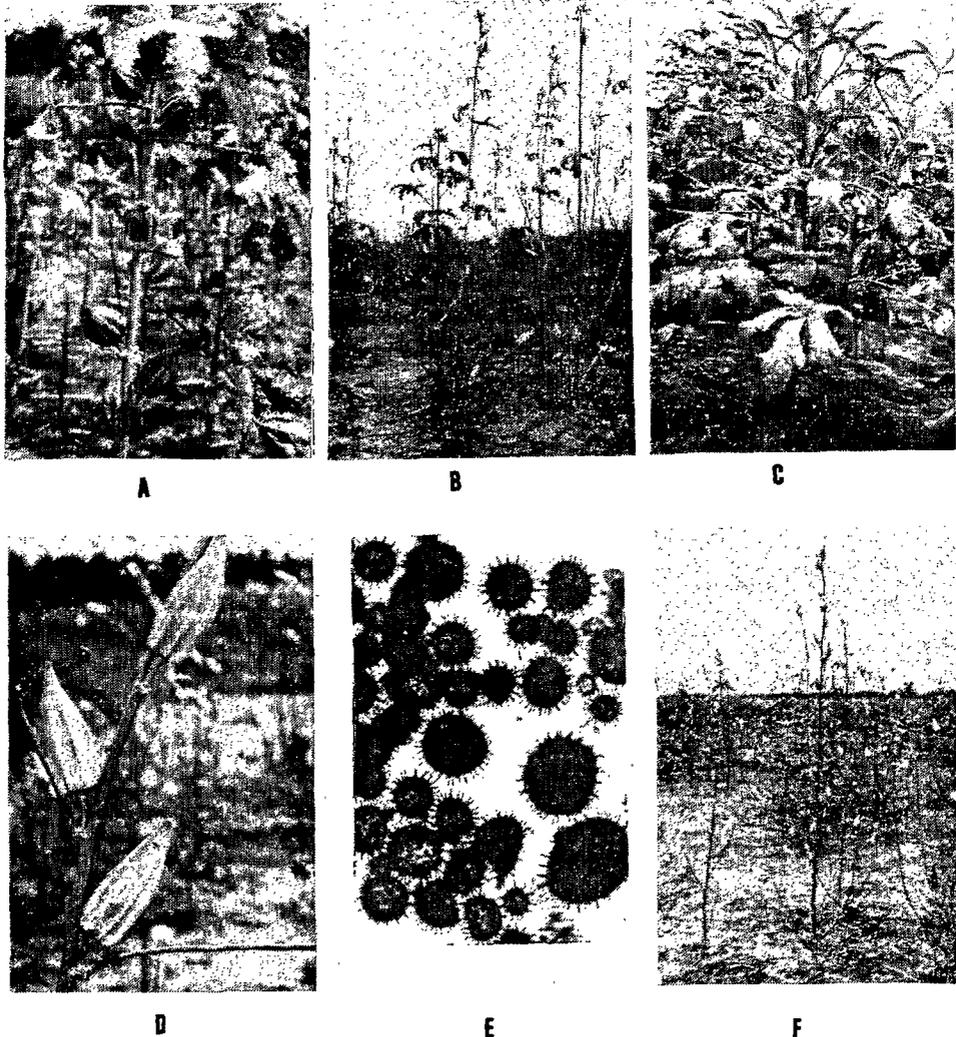


Planche photographique 4: Quelques aspects des parents et hybrides  
entre les deux espèces cultivées.



**Légende:** A: La variété ORS 520 (*A. caillei*), B: Une plante hybride entre les deux espèces cultivées. Remarquer l'irrégularité de la fructification le long de la tige, C: La variété Clemson Spineless (*A. esculentus*), D: Forme intermédiaire des fruits hybrides, E: Manifestation de la stérilité au niveau du pollen des hybrides, F: Aspect général des hybrides interspécifiques.

## 2. La stérilité pollinique.

### 2a. Modulation au cours du cycle, pour les hybrides entre *A. esculentus* et *A. caillei*.

Nous avons remarqué, lors d'une expérimentation préliminaire, que les hybrides réciproques manifestaient un phénomène assez peu commun de stérilité variable au cours du cycle.

Nous avons donc, pendant six semaines consécutives, après le début de la phase stationnaire de floraison, effectué un prélèvement hebdomadaire de fleurs dans la population de plantes hybrides. Les résultats obtenus, pour les deux hybrides, concernant la qualité du pollen, sont reportés dans le tableau 22.

Lorsque le parent femelle est *A. esculentus*, le nombre de grain de pollen dans les anthères, initialement proche de 110, décroît dès la deuxième semaine pour atteindre 85 à 90. Ce pallier se maintient pendant un mois et il n'y a de nouvelle chute qu'en fin de cycle.

Parallèlement, le pourcentage de pollen coloré évolue considérablement. Au début de la floraison, près de 90% du pollen est coloré. Dès la deuxième semaine ce pourcentage chute à environ 15%. Ce n'est qu'en fin de cycle qu'il remonte à 40%. Le nombre d'anthères demeure à peu près constant.

Avec *A. caillei* femelle, le nombre d'anthères par fleur et le nombre de pollen par anthère varient très peu. Par contre, le pourcentage de grains colorés, au départ très faible (13%) atteint brutalement, à la troisième semaine, un taux élevé (83%). Ce sursaut n'est que de courte durée puisqu'il redescend au niveau antérieur la semaine suivante. Comme chez l'hybride réciproque, en fin de cycle le taux remonte, mais à un niveau plus élevé (85%) contre (42,3%).

Tableau 22: Evolution de la fertilité des hybrides interspécifiques entre *A.esculentus* et *A.caillei*.

A: Hybride avec *A.esculentus* (C.S.) femelle.

	NB.CO	NB.NC	PCP	SEM	NB.ANTH.
	100,3	9,1	91,6	1	89,2
	12,7	75,4	14,4	2	77,5
	13,2	76,2	14,8	3	90,8
	13,7	72,4	15,9	4	87,1
	8,5	67,9	9,3	5	83,2
	23,0	35,6	42,3	6	76,8

B: Hybride avec *A.caillei* (ORS 520) femelle.

	NB.CO	NB.NC	PCP	SEM	NB.ANTH.
	11,7	78,0	13,1	1	81,9
	15,9	73,3	17,8	2	85,4
	82,5	17,0	82,9	3	85,5
	16,5	73,0	18,4	4	83,9
	26,5	51,8	33,8	5	75,7
	72,3	12,9	84,8	7	79,9

C:Témoins parentaux.

	NB.CO	NB.NC	PCP	SEM	NB.ANTH.
C.S.	67,3	1,3	98	Constant	100,6
520	127,3	2,5	98	Constant	90,5

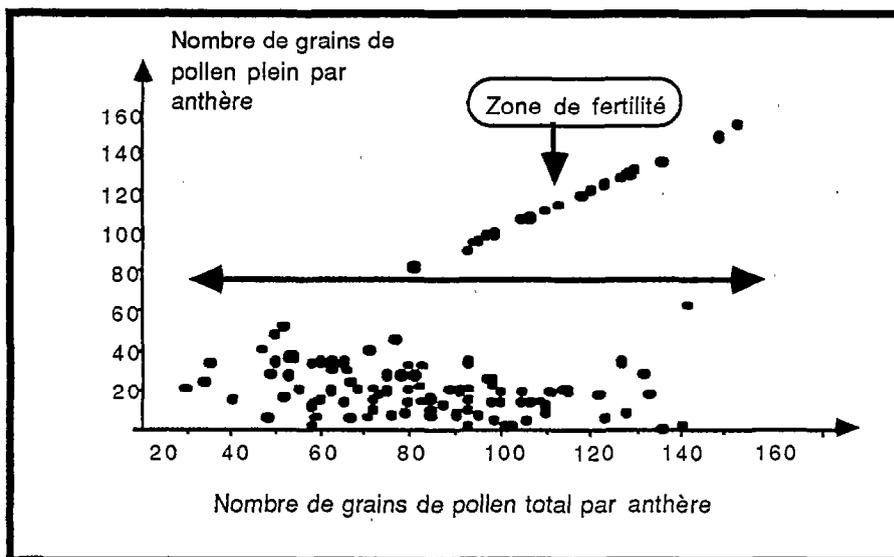
**Légende:** NB.CO:nombre moyen de grains de pollen colorés par anthère;  
 NB.NC:nombre moyen de pollens non colorés; PCP:pourcentage de grains colorés;  
 SEM:semaine d'observation après le début de la phase stationnaire de floraison;  
 NB.ANTH:nombre moyen d'anthères par fleur.

### 2b. Relations entre pollens colorés et pollen total par anthère.

Nous avons représenté sur la figure 28, le nombre de grains de pollen pleins en fonction du nombre total de pollen par anthère.

Sur ce graphique apparaît une rupture correspondant à la valeur de 70 grains de pollen colorés par anthère. Au dessus il y a une corrélation, étroite et positive, entre le nombre de pollen coloré et le nombre total par anthère, analogue à celle d'une espèce fertile. Au dessous, il n'y a aucune relation visible entre les deux variables.

Figure 28: Relation entre le nombre de pollen plein et le nombre total de pollen par anthère.



### 3. Les diamètres polliniques.

Nous avons mesuré le diamètre des grains de pollen pour les parents et hybrides. Les résultats sont reportés dans le tableau 24.

Les diamètres des grains de pollens parentaux sont très homogènes. Le pollen de ORS 520 (*A. caillei*) est nettement plus gros que celui de Clemson Spineless (*A. esculentus*). Celui de ORS 278 (*A. tetraphyllus*) est à peine inférieur à celui d'*A. esculentus*.

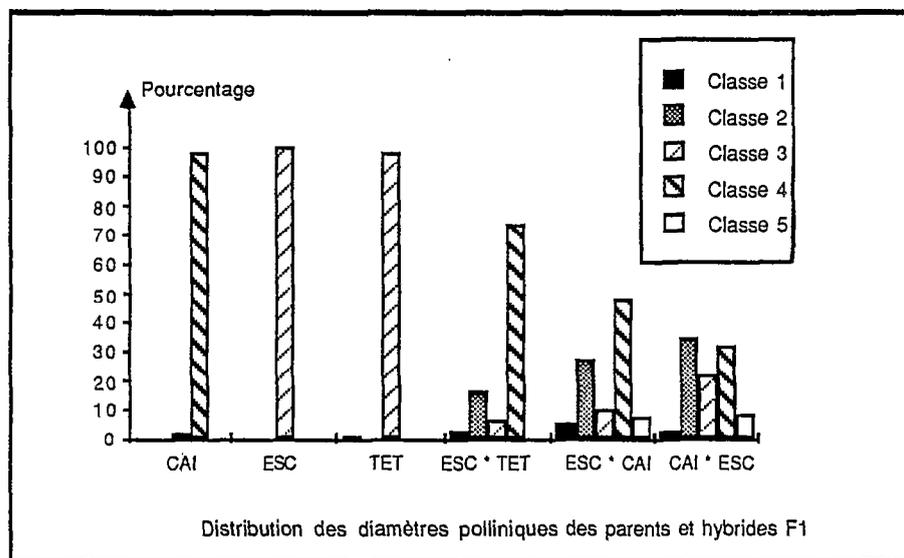
Cinq classes d'amplitude égale ont été définies entre les valeurs minimales (90m) et maximales (310m) du diamètre pollinique.

La distribution des observations pour les parents et les hybrides est présenté sur la figure 29.

Tableau 23: Caractéristiques des distributions du diamètre pollinique (microns) des parents et des hybrides inter-spécifiques.

	Moy.	C.V.%	Minimum	Maximum
CAI	229	5,3	216	243
ESC	193	4,5	180	200
ESC*CAI	203	25,3	90	306
CAI * ESC	203	24,0	121	310
TET	180	3,0	135	189
ESC* TET	213	18,2	90	261

Figure 29: Répartition des classes des diamètres polliniques pour les parents et hybrides.



Les classes C1 et C2 correspondent à des grains de pollen dépourvus de cytoplasme. Ils ont tous un diamètre inférieur à celui du parent de *A.esculentus*. La distribution des diamètres polliniques des hybrides entre *A.esculentus* et *A.caillei* est très étalée. Environ 8% de l'effectif total se situent dans la classe C5, c'est-à-dire des pollens plus gros que ceux de *A.caillei*.

Les hybrides entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus* ont une dispersion des diamètres moindre, cependant ils sont souvent plus gros que ceux de *A.esculentus*.

#### 4. Les nombres d'embryons par fruit.

##### 4a. Hybrides réciproques entre *A.esculentus* et *A.caillei*.

Pour chaque hybride réciproque nous avons prélevé un échantillon de 130 fruits correspondant à l'ensemble de la récolte sur huit plantes. Pour chaque fruit, nous avons compté le nombre de graines et d'embryons. Le nombre moyen de graines par fruit, les pourcentages d'embryons sur cent graines et les fréquences d'embryons par fruit sont retranscrits dans le tableau 24.

Tableau 24: Contenu en graines et embryons des fruits récoltés sur les hybrides entre *A.esculentus* et *A.caillei*.

Hybride	Nombre de graines	Total d'embryons	Pourcentages		Gr./Fr.
			E/100g	Em./Fr.	
ESC*CAI	1607	149	9,2	1,25	12,40
CAI*ESC	1256	132	10,5	1,01	9,66

Légende: E/100g: embryons pour 100 graines, Em./Fr: fréquence d'embryon par fruit, Gr./Fr.: graines par fruit.

Les hybrides réciproques, peu fructifères, ne produisent qu'en moyenne 10 graines et seulement un embryon par fruit.

Si l'on exprime la stérilité en terme de plantules potentielles pour la génération (N+1), on constate qu'elle est très importante. Une plante hybride, ne produisant qu'une dizaine de fruits, ne donnera, dans le meilleur des cas, que dix descendants au lieu d'un minimum de mille pour un cultivar médiocre.

Nous avons noté la position de tous les fruits sur la tige principale en prenant comme référence le dernier noeud (apex). A partir de cet endroit, nous avons scindé la tige en tranches de cinq noeuds successifs (0-5, 6-10, etc.). Le nombre moyen de graines par fruit oscille entre 5,4 et 16,5. Le maximum observé se situe dans la tranche apicale (noeuds 1 à 5). Pour les tranches suivantes, le nombre est systématiquement inférieur à 10.

Cette constatation confirme l'augmentation de la fertilité en phase sub-sénescence. Cependant, il semble que le remplissage des graines soit meilleur dans les tranches 3 et 4. En regroupant les noeuds 1 à 5 et 6 à 25, on remarque que dans la première tranche, 55% des fruits ont plus de 16 graines (maximum 45). Au delà du cinquième noeud, les fruits contiennent (96 % des cas) moins de 16 graines et jamais plus de 25.

#### 4b. les hybrides entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus*.

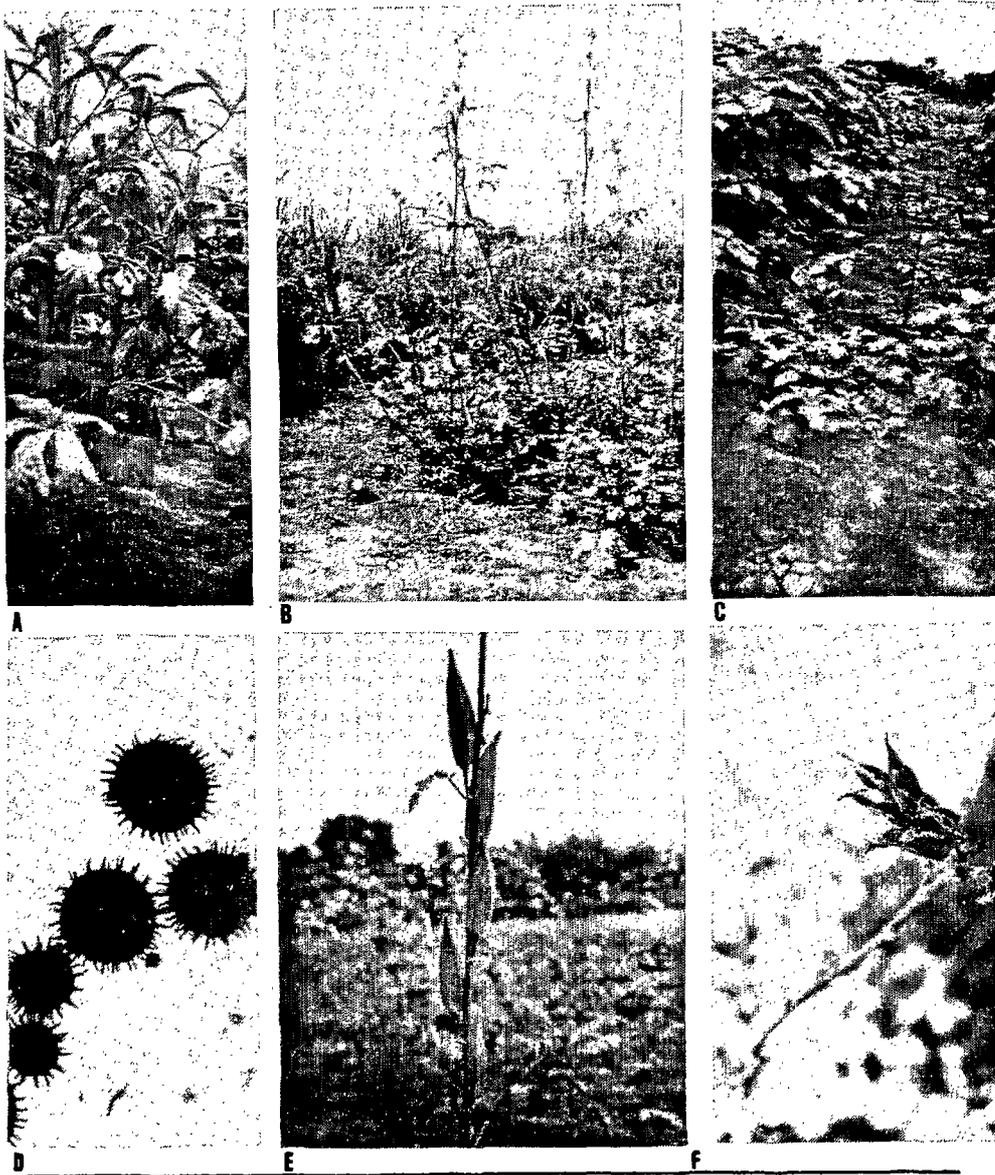
La forme des fruits est intermédiaire entre celle des parents. Le caractère épineux de la surface, la déhiscence à maturité des fruits de *A.tetraphyllus*, bien qu'atténués, demeurent.

Pendant cinq semaines consécutives, période nécessaire pour atteindre la maturation complète, nous avons suivi l'évolution du contenu des fruits sur un échantillon test. Nous avons noté le nombre de graines, le nombre d'embryons et leur position dans la loge carpellaire.

Sur la figure 30, on remarque que très rapidement, dès la deuxième semaine, il y a un déséquilibre dans la distribution des graines le long des loges. Le phénomène s'amplifie et les graines arrivant à maturité complète se situent préférentiellement entre la quatrième et la huitième position en partant de la base du fruit.

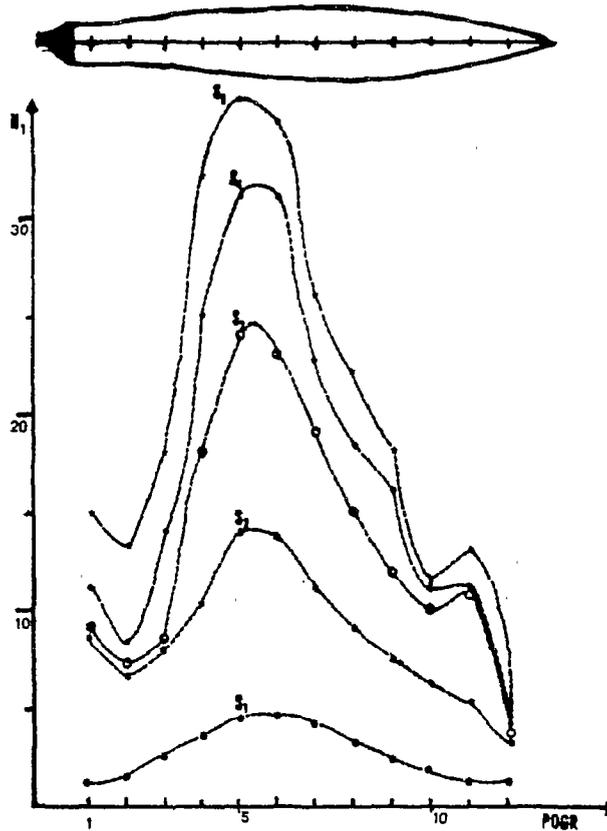
Dans le même temps, le nombre d'embryons par fruit subit une diminution rapide. Dès la deuxième semaine il n'y a plus que quelques embryons par fruit. A la fin du cycle de maturation, chaque fruit ne renferme, en moyenne, qu'un peu moins d'un embryon.

Planche photographique 5: Quelques aspects des hybrides interspécifiques entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus*.



Légende: A:Une plante de Clemson Spineless (parent femelle), B:Plantes hybrides F1 entre les deux espèces, C:Plantes sauvages (*A.tetraphyllus*), D:Pollen de l'hybride interspécifique, E:Fructification régulière d'un hybride, F: Déhiscence caractéristique des fruits hybrides à maturité.

Figure 30: Aspects de la dégénérescence des graines pour les hybrides entre *A. esculentus* et *A. tetraphyllus*.



##### 5. Descendances des F1 entre *A. esculentus* et *A. tetraphyllus*.

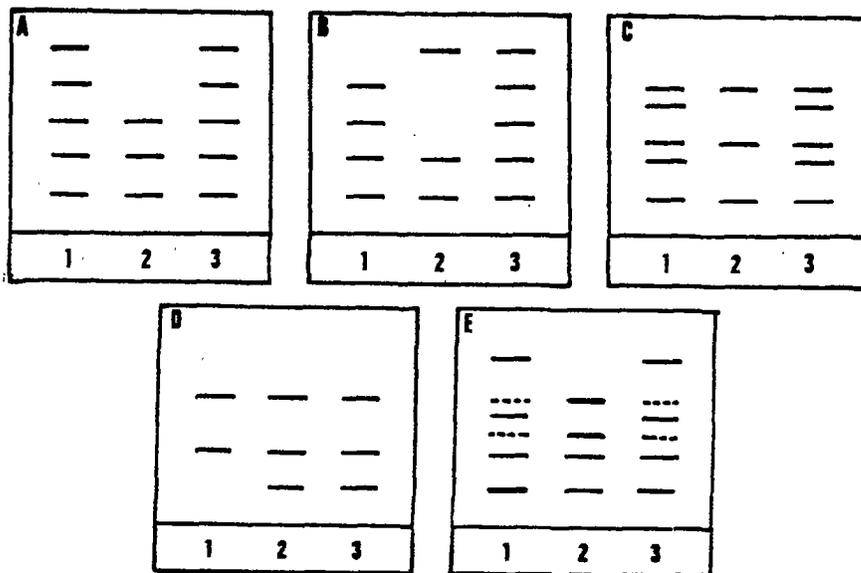
Les hybrides de première génération entre les deux espèces cultivées sont fortement stériles. Ceci se traduit en fin de cycle par un nombre très réduit de graines dont le taux de germination est très faible. A l'opposé, les hybrides F1 entre *A. esculentus* et *A. tetraphyllus* ont une production fructifère très abondante. De ce fait, nous disposons d'un lot de graines plus important.

Nous avons récolté deux types de graines. Les petites, très abondantes (80%) ont un poids de mille graines égal à 10g et ne germent pas. Les grosses (20%), ont un poids de mille graines très supérieur (40g) et germent dans la proportion de 1 sur 100. Nous avons pu obtenir 140 plantes de seconde génération. Ceci à partir des fruits récoltés (pollinisation libre) sur plus de 200 hybrides F1 !

L'analyse des zymogrammes après électrophorèse des combinaisons hybrides interspécifiques de première génération, montre une additivité des électromorphes pour les systèmes discriminants. Des électrophorèses ont été réalisées sur les jeunes feuilles de l'ensemble des plantes F2. Pour les systèmes PGM, SkdH, PGI, MdH, IdH: Figure 31, les plantes F2 possèdent un profil constant. Celui-ci est composé de la somme des électromorphes de chaque espèce parentale, autrement dit le même profil que la F1.

Ces observations sont assez surprenantes car elles laissent sous entendre que les plantules observées ne résultent pas d'une descendance obtenue par voie sexuée. Les plantes de deuxième génération entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllum* sont très homogènes. Leur phénotype morpho-phénologique est très proche de celui des F1 (mais avec moins de vigueur). Elles conservent en particulier la coloration de la tige violacée typique de *A.tetraphyllum* ainsi que la tendance marquée à la ramification basale.

Figure 31: Zymogrammes des parents et hybrides interspécifiques de deuxième génération.



Légende: A: PGI - B: PGM - C: SkdH - D: MdH

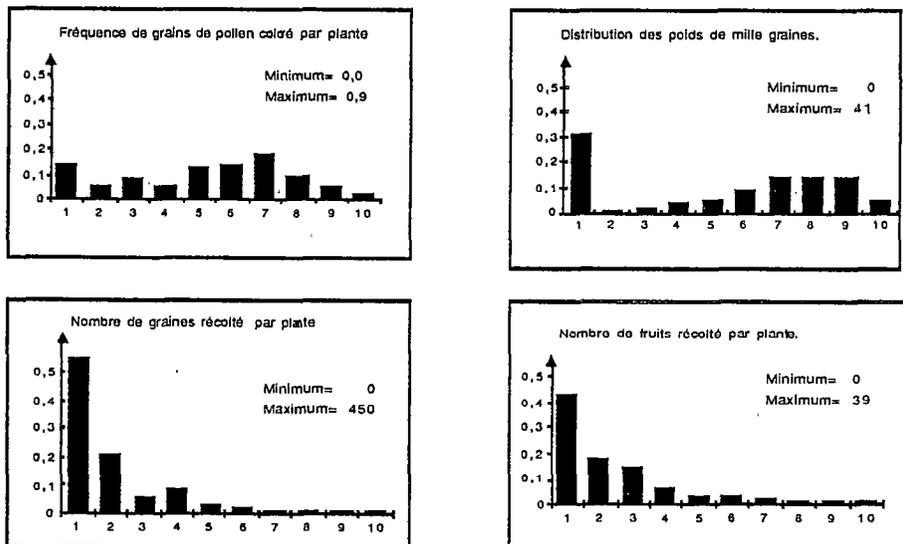
1: *A.tetraphyllum* - 2: *A.esculentus* - 3: Hybrides F2

Les caractères de *A.esculentus* sont relativement masqués, ils s'expriment toutefois au niveau de la forme générale du fruit. Les seules différences notables entre les F1 et les F2 se situent au niveau de la fructification et de la stérilité. La fructification des F1 est importante et régulière, celle des F2 est variable d'une plante à l'autre.

Les histogrammes de distribution de quatre variables de fertilité sont reportés dans la figure 32. Dix classes d'amplitude égale et croissante de 1 à 10 sont constituées. Ainsi par exemple (32c, classe 1) on observe 55% de plantes produisant au total entre 0 et 45 graines et 20% (classe 2) qui en donnent entre 46 et 90.

La distribution du nombre total de grains de pollen par anthère, figure 32a se rapproche d'une distribution normale (coefficients de dissymétrie et d'aplatissement nuls), en moyenne seulement 50% des grains de pollens ont un cytoplasme coloré, la stérilité est par conséquent importante.

Figure 32: Histogrammes de distribution pour quatre descripteurs des F2 entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus*.



Environ 30% des échantillons ont un poids de mille graines inférieur à 5 grammes, figure 32b. Elles sont donc vides ou mal formées. Au delà de 20 grammes (classe 6) on se situe au niveau du poids de mille graines *A.tetraphyllus* (environ 18 g). Le maximum observé est de 40 grammes, c'est à dire assez proche des graines de *A.esculentus* (40 à 60g).

Le nombre de graines récoltées par plante est en général très faible. 70% des plantes produisent moins de 90 graines, c'est-à-dire l'équivalent de deux fruits bien remplis de *A.tetraphyllus*. Cependant, la production fructifère est elle même très faible. Seul 10% des plantes produisent plus de 15 capsules. Nous avons observé deux plantes exceptionnelles ayant donné plus de 30 fruits.

Les coefficients de corrélation ont été calculés sur l'ensemble de la population F2. Entre les variables de production et celles du niveau de fertilité, il n'y a aucune corrélation (0,03). Seuls sont corrélés le nombre de graines par fruit et le nombre de fruits (0,90) ainsi que le nombre de grains de pollen colorés et le nombre de grain total par anthère (0,70).

Les 140 plantes "hybride F2" observées correspondent à une très faible proportion des descendants potentiels (faible production grainière des F1 et infime germination de celles-ci).

Elles ne semblent pas résulter de descendance obtenues par voie sexuée. En effet, comment expliquer le monomorphisme observé au niveau des zymogrammes, identique à celui des F1 et la grande similitude morphologique entre les différentes plantes F2 ?

De plus; il est paradoxal de constater que les variables de fertilité pollinique ne soient pas corrélées avec celles de la production. La seule explication plausible est que la production grainière soit indépendante de la sexualité. Les descendance des plantes F2 ayant donné des graines seront par conséquent très intéressantes à observer.

## C.CONCLUSIONS ET DISCUSSION.

Nous avons développé, dans cette quatrième partie, deux des aspects principaux concernant les possibilités de transferts géniques en vue de l'utilisation optimale des Ressources Génétiques du genre *Abelmoschus*.

Des hybridations intra-spécifiques ont été effectuées au sein de *A.esculentus* en utilisant différents géniteurs, ceci afin de préciser la nature des facteurs intervenant sur la diminution observée des taux de nouaison et, de proposer des moyens de les surmonter.

Des hybrides inter-spécifiques entre les deux espèces cultivées *A.esculentus* et *A.caillei* et entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus* ont été étudiés. Les objectifs étaient, outre les possibilités de transferts géniques, d'analyser la morphologie des hybrides mais aussi les manifestations de stérilité.

Il existe au niveau intra-spécifique pour *A.esculentus*, une limitation à la réussite des hybridations résultant de l'émasculature. Nos résultats montrent que le taux de nouaison n'est pas une constante. Les probabilités d'obtention de combinaisons réciproques ne sont pas identiques. Le taux de nouaison est principalement influencé par la nature du géniteur femelle utilisé ainsi que par le rayonnement global.

La susceptibilité à l'émasculature d'une plante se transmet à sa descendance. Ainsi, la première génération présente une faiblesse hybride même si le géniteur mâle n'était pas susceptible. Les F<sub>2</sub>, conservent un comportement sensible plus ou moins marqué. Cependant, il est possible de restaurer un bon niveau de nouaison par rétro-croisement sur un géniteur non sensible.

On peut surmonter la faiblesse de nouaison de deux manières: soit en éliminant les deux couronnes d'anthers supérieures lors de l'émasculature, soit en utilisant les particularités du mode d'autopollinisation: en effectuant une pollinisation, sans émasculature, très tôt dans la matinée.

Les hybrides interspécifiques étudiés ne présentent pas de problèmes majeurs en ce qui concerne les possibilités d'obtention de la génération F<sub>1</sub>.

Les hybrides F<sub>1</sub> entre *A.esculentus* et *A.caillei* présentent de nombreuses particularités. La germination est bonne, les plantes sont vigoureuses. La fructification est faible et irrégulière au cours du cycle. La stérilité pollinique est importante mais manifeste des irrégularités importantes. Ceci se traduit par une nouaison erratique. La production grainière et la germination des graines récoltées sont faibles. Pour obtenir 100 plantes F<sub>2</sub> observables, il faut disposer de plus de mille plantes F<sub>1</sub>.

Les hybrides F1 entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus* sont nettement différents des précédents. Ils conservent la ramification basale typique de *A.tetraphyllus*. Les plantes sont également très vigoureuses et fructifient abondamment. La stérilité demeure importante, les graines récoltées sur les plantes F1 germent très mal (1%), mais comme ils sont très fructifères il est possible d'avoir des F2 importantes.

Ces hybrides F2 sont très originaux. Sur les 140 hybrides obtenus, il n'y a pas de ségrégation au niveau enzymatique. Les plantes se ressemblent et ont une morphologie proche de celle des F1. Il y a cependant de nombreuses différences de fertilité entre les plantes. Pourtant la fertilité pollinique n'est pas corrélée à la production grainière.

Dans un premier temps, nous tenterons de comprendre le phénomène de susceptibilité à l'émasculature chez le gombo ou plus exactement les causes de l'abscission des jeunes fruits. Dans la seconde partie de la discussion, nous comparerons nos résultats aux travaux similaires, puis nous poursuivrons par les conséquences que nos résultats impliquent au niveau de la stabilité des "pools géniques" des gombos cultivés.

#### La susceptibilité à l'émasculature.

On peut se demander si les chutes du taux de nouaison observées résultent d'un stress lié à l'émasculature celle-ci impliquant la suppression des sépales, pétales et anthères ? La chute d'un fruit peut résulter de nombreux facteurs. Les plus classiques concernent la déficience de pollinisation ou les avortements précoces.

Pour les hybridations intraspécifiques réalisées, les résultats indiquent que la baisse du taux de nouaison n'est pas la conséquence d'un phénomène d'incompatibilité, ni de stérilité pollinique ou encore d'avortement des jeunes embryons. Sans émasculature, ou avec émasculature partielle, tous les hybrides s'obtiennent facilement.

L'expression du phénomène résulte de l'émasculature totale. Celle-ci peut avoir conduit soit à un stress induit par la mise à nu de la partie femelle ou par les blessures occasionnées, soit à l'absence d'une substance indispensable synthétisée dans une des pièces florales. L'acide gibbérellique favorise chez les plantes l'organogenèse, l'expression de la sexualité, et de nombreux stades du développement embryonnaire et des fruits.

Murakani (1973) montre que la concentration d'acide gibbérellique (A.G.) augmente beaucoup dans les fleurs 24 heures avant l'anthèse chez *Mirabilis jalapa*. Chez *Pharbitis spp.*, cet accroissement s'observe au niveau des pétales et des anthères mais pas dans le style (Yamaguchi *et al.* 1982). Il y a 200 fois plus de A.G. dans les anthères que dans les ovaires chez *Petunia hybrida* et *Lilium spp.* (Barendse *et al.* 1970).

Pharris et King (1985), dans une revue de synthèse, concluent que l'acide gibbérellique intervient dans quatre étapes: l'induction florale, le développement de la fleur, la migration pollinique et les premiers stades embryonnaires.

Nous avons remarqué que dans le cas de la susceptibilité à l'émasculatation, la chute du jeune fruit est effective dès le lendemain de la pollinisation. Il se produit, au niveau de la jonction entre le pédicelle et la tige, une abscission bien marquée. Il suffit de toucher le fruit pour qu'il tombe.

Ce phénomène diffère considérablement de la chute d'un fruit insuffisamment ou mal pollinisé tel que nous l'avons observée lors des expériences de cinétique de nouaison, de pollinisation inter-spécifique ou encore de stérilité des hybrides. Dans ces dernières situations, le fruit se maintient au moins une semaine.

Fa Yang et Hoffmann (1984), étudient la synthèse de l'éthylène et sa régulation chez les plantes (annexe 9). L'éthylène, à l'état gazeux, existe dans les conditions physiologiques normales. Il est actif sous forme de traces et possède une action sur la croissance, le développement et la sénescence.

Ce gaz, produit dérivé du cycle de biosynthèse de la méthionine, joue le rôle d'activateur pour les polygalacturonases et les cellulysines. Il a un rôle dans le processus de sénescence des fleurs, en particulier du changement de couleur des pétales en cours de floraison (\*) chez *Tradescantia* (Suttle et Kende, 1980).

Fa Yang et Hoffmann (1984) citent de nombreux stress pouvant influencer sur la production d'éthylène (coupures, rayonnement, virose, humidité, température élevée, herbicides, etc...), la réponse à la stimulation est rapide (30 minutes) et peut se maintenir plusieurs heures. Elle est favorisée par une humidité importante.

Chez le gombo, nous avons remarqué que l'abscission est nette. Elle suggère l'intervention de cellulases. La chute du taux de nouaison observée, peut s'envisager comme une réponse à un stress produit par l'élimination des pièces florales.

Des traitements avec différents inhibiteurs ou analogues de substrats aux différentes étapes-clés du cycle de la chaîne de biosynthèse de l'éthylène pourraient être envisagés, pour surmonter les effets de la susceptibilité à l'émasculatation. Ils seraient en tout état de cause très fastidieux.

Nos résultats obtenus en utilisant la stratégie de pollinisation sans émasculatation, très tôt dans la matinée, sont très concluants comme palliatif.

-----  
 (\*): Les fleurs de gombo changent également de couleur au cours de la journée. Les pétales sont jaunes le matin, légèrement anthocyanés en début d'après midi.

A titre d'exemple, nous avons obtenu en pollinisation interspécifique entre *A.esculentus* (femelle) et *A.tetraphyllus* un taux de nouaison de 100% avec en moyenne 45% d'hybrides interspécifiques par fruit.

Cette méthode, de pollinisation sans émasculature, à priori peu orthodoxe, est très avantageuse pour obtenir des hybrides interspécifiques en grandes quantités. Nous avons vu au cours de la seconde partie, que la nouaison, en utilisant une espèce pure comme femelle, nécessitait un nombre minimal de graines par fruit. En combinaison interspécifique, il peut y avoir des mauvaises germinations du pollen sur un style étranger ou des problèmes de fécondation. Dans ce cas, le complément apporté par l'autofécondation peut être très précieux pour le maintien et l'observation d'hybrides difficiles à obtenir tels ceux avec *A.moschatus*.

#### Les hybrides interspécifiques obtenus avec les espèces cultivées.

Au niveau des hybrides interspécifiques, la comparaison de nos résultats avec ceux rapportés dans les études précédentes est malaisée en raison des confusions dans l'identification de l'espèce *A.manihot* (Cf. première partie).

En effet, différents auteurs emploient cette appellation dès lors que les segments de l'épicalice sont larges. Ainsi, au minimum trois niveaux de ploïdie différents sont concernés. L'interprétation des résultats, en particulier au niveau des hybrides interspécifiques, est de ce fait difficile.

Un moyen simple de lever l'ambiguïté pourrait être de donner systématiquement la "carte d'identité" de l'échantillon, sous forme de zymogrammes, par référence à des témoins largement diffusés tel Clemson Spineless.

Dhillon et Sharma (1982) n'ont pas pu obtenir d'hybrides entre *A.esculentus* et "*A.manihot* du Ghana", les plantes F1 donnant 2 à 3 graines par fruit et des F2 non viables. Singh et Bhatnagar (1975), les avaient obtenus facilement lors d'une étude de la transmission de la résistance à la virose "yellow vein mosaic". Jambhale et Nerkar (1981) trouvent une ségrégation correspondant à un gène avec deux allèles, dont un conférant la résistance à la virose, dans ces descendances interspécifiques. Ceci suggère que la stérilité n'affecte pas les ségrégations.

Kuwada (1957,1961) étudie les hybrides entre *A.esculentus* et *A.manihot*, puis plus tard (Kuwada,1974) les hybrides de cette dernière avec *A.tuberculatus*. Martin (1982) obtient des hybrides avec une combinaison comparable à la nôtre, puisque réalisée avec une variété de *A.caillei* de Côte d'Ivoire. Selon cet auteur, on peut restaurer un bon niveau de fertilité dès la deuxième génération de back cross sur *A.esculentus*, par contre, lorsque *A.caillei* est utilisée la stérilité persiste.

La phénologie de fructification des deux espèces de gombo cultivées et leur mode de reproduction essentiellement autogame rendent peu fréquentes les possibilités d'inter-pollinisation. Cependant elles existent. Lorsqu'elles se produisent, elles donnent sans difficulté des plantes hybrides vigoureuses. Les capacités reproductives sont très limitées et réduites par la très mauvaise germination des graines. Ainsi, les possibilités d'introgressions naturelles sont faibles et les deux espèces conservent facilement leur intégrité biologique.

Le comportement des hybrides entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus* donne également lieu à plusieurs interprétations.

Mamidwar (1979), indique qu'ils sont complètement stériles et ne produisent pas de graines. Jambhale et Narkar (1981a) réussissent cependant à obtenir 6 graines sur une plante dont une seule germe. Elle donne spontanément, selon ces auteurs, une plante amphiploïde et produit des descendances homogènes jusqu'à la quatrième génération.

Le comptage exact des nombres de chromosomes pose des problèmes à ces auteurs. Ils préfèrent estimer le statut de polyploïde supérieur par le nombre de stomates au centimètre carré. Celui-ci passe de 107 pour la F1 à 174 pour la F2.

Jambhale et Nerkar (1982a), réalisent d'autres combinaisons hybrides entre *A.esculentus* et les trois espèces suivantes *A.manihot* ( $2n=66$ ), "*A.manihot* du Ghana" ( $2n=194$ ), certainement *A.caillei*, et *A.tetraphyllus* ( $2n=138$ ). Un traitement à la colchicine des hybrides obtenus (0,1% pendant 24 heures) permet d'obtenir des amphiploïdes dont ces auteurs testent la longueur des stomates, leur densité, le nombre de chloroplastes par stomate et le diamètre pollinique comme éléments marqueurs d'un saut de ploïdie. Leurs résultats indiquent que le nombre de chloroplastes par stomate est un très bon indice.

Quelques résultats sont cependant surprenants. Ces auteurs ne trouvent pas de différences entre les divers hybrides F1 qui théoriquement ont des nombres de chromosomes assez différents puisque ceux entre *A.esculentus* et *A.manihot* en ont 98 et ceux entre *A.esculentus* et *A.caillei* 162. Un autre indice troublant est l'homogénéité du diamètre des grains de pollen. En F1, les résultats donnent des chiffres voisins mais surtout une importante homogénéité, proche d'une espèce pure.

Nos résultats montrent un comportement assez étonnant des hybrides entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus*. La production de plantes de seconde génération est faible mais une partie d'entre elles est capable de se maintenir. En d'autres termes, un mécanisme de spéciation peut voir le jour par ce biais.

On peut rapprocher ces observations de celles réalisées en Thaïlande par Hamon *et al.* (1987) qui ont trouvé au milieu d'une population de *A.manihot* ssp. une plante isolée ayant des graines et présentant des caractères morphologiques manifestement intermédiaires entre *A.manihot* et *A.moschatus*.

Leur statut hybride a été confirmé par les analyses électrophorétiques.

Le genre *Abelmoschus*, présente du point de vue de l'organisation évolutive une similitude importante avec le genre *Hibiscus*. Dans le tableau 25, nous avons reporté les niveaux de ploïdie d'après Menzel et Martin (1971) et Gottschall (1985).

Tableau 25: Les niveaux de ploïdie au sein du genre *Hibiscus*.

	2n	Génome	Niveau
<i>Hibiscus asper</i> ,			
<i>H.cannabinus</i>	36	AA	1
<i>H.surratensis</i>	36	BB	1
<i>H.sudanensis</i>	36	GG	1
<i>H.acetosella</i> , <i>H.radiatus</i>	72	AABB	2
<i>H.meeusei</i>	72	AAXX	2
<i>H.sabdariffa</i>	72	AAYY	2
<i>H.rostellatus</i>	72	GGHH	2
<i>H.furcellatus</i>	72	PPQQ	2
<i>H.heterophyllus</i>	108	GGHHJJ	3
<i>H.diversifolius</i>	144	CCDDEEFF	4
<i>H.furcatus</i>	144	BBGGWWZZ	
<i>H.maculatus</i>	160	CCDDEEFFRR (5)	

On remarque que la diversité des niveaux de ploïdie et du nombre de chromosomes sont voisins de ceux observés chez les gombos.

Le genre *Gossypium*, également assez proche, présente aussi des polyploïdes mais pas les mêmes syndromes de polyploïdisation successives. Il comprend 30 espèces diploïdes ( $2n=26$ ) et quatre espèces tétraploïdes ( $2n=4x=52$ ).

Le genre *Abelmoschus*, comme nous l'avons vu, fut longtemps considéré comme une section du genre *Hibiscus* ; il présente, en tout état de cause des similitudes de comportement vis-à-vis de la polyploïdisation, mais avec une moins bonne régularité des additions de chromosomes. L'étude de ce processus de spéciation mérite certainement que l'on y porte une attention plus importante.

CONCLUSIONS GENERALES.



## CONCLUSIONS GENERALES.

Nous voudrions conclure, en évoquant les aspects de conservation des Ressources Génétiques et de l'amélioration génétique du gombo. Auparavant, nous résumons ci-dessous nos principaux résultats en considérant le maintien de l'intégrité génétique des deux espèces cultivées de gombo en Afrique de l'Ouest et l'organisation génétique de leur variabilité.

### Le maintien de l'intégrité génétique des deux espèces cultivées.

Les fleurs de gombo, hermaphrodites, dépourvues de système d'incompatibilité, permettent aussi bien l'autogamie que l'allogamie. La cinétique de nouaison montre que l'auto-pollinisation débute à l'aube et ne se termine que vers 16 heures. La place, théoriquement disponible, pour l'allogamie est importante (40% d'hybrides si le dépôt pollinique est effectué à 7 heures). En fait, dans les conditions naturelles nous avons montré que les taux d'allogamie sont beaucoup plus faibles, de l'ordre de quelques pour cent au Sud de la Côte d'Ivoire. Le mode reproductif est donc essentiellement autogame.

L'estimation du rapport pollen sur ovule, évoqué par Cruden (1976) comme un caractère conservatif au niveau des espèces, est très intéressant à considérer chez le gombo. Les espèces spontanées (ex *A.tetraphyllus*) ont un rapport élevé et sont plus allogames que les espèces cultivées. Les variétés traditionnelles ont un rapport constant typique d'une autogamie préférentielle alors que la variété améliorée Clemson Spineless se rapproche plus d'une plante autogame stricte.

Les limites de répartition de l'espèce endémique africaine ont été précisées. D'un point de vue écologique, *A.caillei* se limite à la frange comprise entre l'Océan Atlantique et les isohyètes de précipitation de 1000 mm annuels, soit en termes de latitude environ 10 degrés Nord correspondant à l'axe Bamako (Mali) - Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) - Niamey (Niger).

L'espèce *A.esculentus* se rencontre partout mais avec des fréquences variables. L'aire de recouvrement avec *A.caillei* est par conséquent relativement importante. L'étude de la floraison montre qu'il y a un recouvrement mais que la probabilité de récolter des graines correspondant à des hybrides interspécifiques naturels - si on considère les méthodes de récolte traditionnelles des graines - est plus importante lorsque *A.esculentus* est le parent femelle. Dans les conditions naturelles les taux d'obtention sont limités.

Il n'existe pas de facteur empêchant les échanges entre les deux espèces cultivées. Cependant, en condition de pollinisation manuelle les taux de réussite sont limités par la susceptibilité à l'émasculature des géniteurs utilisés comme parent femelle.

Ces hybrides sont des plantes vigoureuses qui présentent néanmoins une fertilité faible et fluctuante au cours du cycle. Leur potentiel reproductif est faible si bien que l'intégrité génétique des deux espèces est préservée.

#### L'organisation de la variabilité génétique des espèces cultivées.

L'étude de la diversité des formes cultivées met en évidence la faiblesse de la variabilité de l'ancienne collection de référence (U.S.D.A.) composée essentiellement d'échantillons non africains. L'évaluation du polymorphisme montre incontestablement que la variabilité morpho-phénologique est de loin la plus importante en Afrique de l'Ouest. A l'opposé les formes de l'Afrique de l'Est renferment la maximum de variabilité enzymatique.

Quatre systèmes enzymatiques sont monomorphes pour chaque espèce, mais présentent des profils distincts permettant l'identification de chaque espèce. Cependant, le nombre d'électromorphes communs est important et indique que les deux espèces sont génétiquement proches. Celles-ci diffèrent également par de nombreux caractères qualitatifs et quantitatifs, ainsi que par leurs corrélations.

L'organisation de la variabilité intraspécifique est relativement complexe. Cependant, les agrégations par la méthode des nuées dynamiques, associées aux analyses discriminantes se sont révélées très efficaces. Le nombre d'entre-noeuds émis sur la tige principale, le niveau d'insertion de la première fleur, la largeur des fruits et le poids de mille graines sont les descripteurs les plus importants pour la mise en évidence des groupes.

Les paysans, pour leur part, reconnaissent et codifient leurs variétés en utilisant une démarche constante, avec une précision d'autant plus grande que la culture occupe une place importante; zone de transition forêt-savane. Nos observations indiquent que leur dénomination permet souvent une identification de l'espèce et de la principale caractéristique de la variété.

#### Conservation des Ressources Génétiques disponibles.

Les introductions de matériel végétal sont souvent constituées par des lots de graines de quantité peu importante (10 à 100 graines) dont la capacité germinative est irrégulière (\*) et l'identification spécifique rarement exacte.

-----

(\*)L'identification des espèces peut se faire dès le stade graine par électrophorèse. L'absence répétée de profil enzymatique est un indicateur précieux de la disparition définitive du pouvoir germinatif (mort physiologique).

Les échantillons originaux et les multiplications sont maintenus en Côte d'Ivoire (\*). L'intégralité des graines est conservée en chambre froide hormis 30 g gardés au congélateur. Un duplicata (100 g par introduction) a été expédié au centre de conservation à long terme de Beltsville (U.S.A.), un autre à l'ORSTOM (Bondy) en France.

Nous ne sommes pas certains de pouvoir maintenir localement et indéfiniment la quantité importante de matériel végétal collecté, notamment à cause des futures régénérations indispensables. Une diffusion aussi large que possible du matériel végétal est donc nécessaire. Mais tous les échantillons ne présentent pas forcément le même intérêt, il est indispensable de faire un choix.

Peeters et Williams (1984) montrent que les collections mondiales de plusieurs milliers d'échantillons, presque toutes non évaluées, sont parfaitement inutilisables par le sélectionneur. Ce dernier sera intéressé, la plupart du temps, par un caractère particulier à introduire dans une variété sélectionnée dont il dispose. La "banque de gènes" sera totalement incapable de répondre à sa demande.

Frankel et Brown (1984) suggèrent, le maintien des collections de base, mais préconisent la constitution de "core collection", correspondant à une fraction du matériel disponible. Celle-ci doit-elle être réalisée aléatoirement? Quelle proportion choisir? Sur quels critères et pour quels objectifs? Ces auteurs proposent de ne retenir qu'environ 10% des introductions tout en soulignant que la perte de variabilité est évidente. Cependant un sélectionneur ne pourra évaluer correctement, en fonction de ses objectifs, que quelques centaines d'échantillons. Il est par conséquent souhaitable que la "variabilité transportée" par la collection diffusée soit la plus importante possible. L'évaluation préalable de la diversité du matériel végétal est nécessaire. Elle est coûteuse mais constitue la seule source d'objectivité pour maximiser la diversité diffusée.

En Côte d'Ivoire, nous avons réalisé une petite collection de référence (Hamon et Van Sloten, 1987) de gombos cultivés en procédant de la manière suivante: Toutes les formes originales ou rares que nous avons observées lors des essais d'évaluation sont systématiquement retenues. Le complément est choisi aléatoirement au sein de l'ensemble de la collection. Nous contrôlons ensuite que du point de vue morpho-phénologique la variabilité finale est bien uniformément répartie sur les plans factoriels définis par l'ensemble de la collection. Celle-ci renferme près de deux cents introductions et est d'ores et déjà présente dans plus de quinze pays.

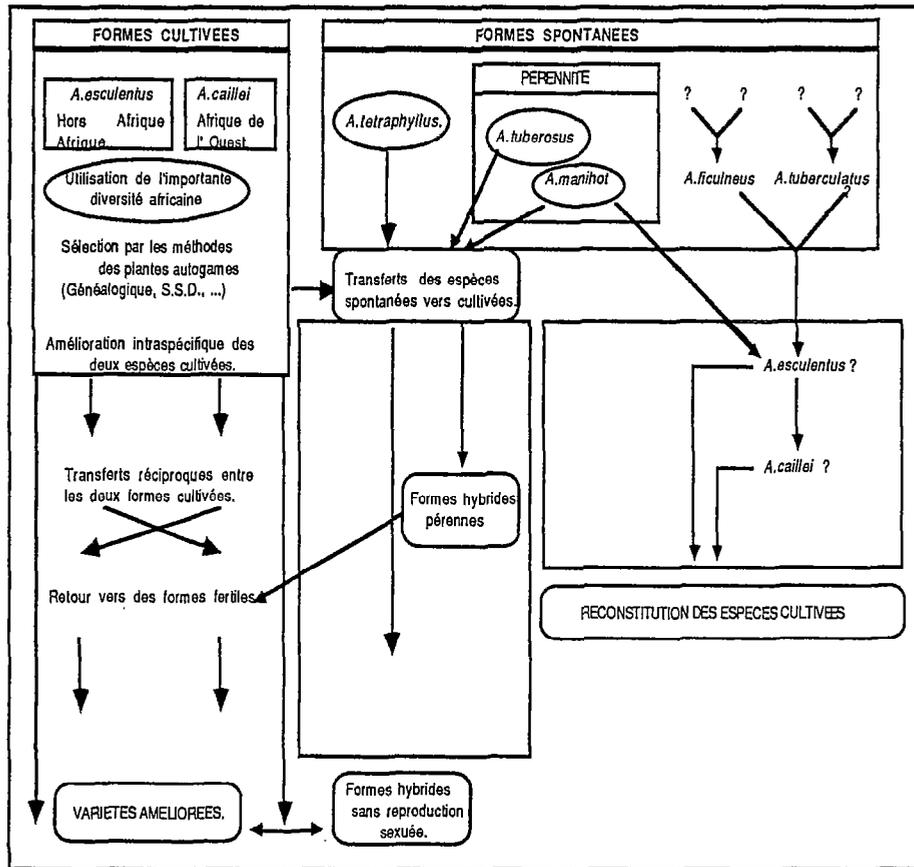
---

(\*) Tous les échantillons reçus, capables de germer, ont été multipliés. Tous les fruits produits ont été récoltés et dégrainés. Les graines nettoyées, séchées (48 heures minimum sous lampes infra-rouge) sont empaquetées et scellées dans des sachets en aluminium. La conservation des nombreuses introductions est facilitée par le maintien du pouvoir germinatif des graines pendant plusieurs années (actuellement 5), que ce soit en chambre froide (6°C) ou mieux au congélateur à -20°C.

### L'amélioration variétale du gombo.

Les principaux programmes d'amélioration du gombo sont menés en Inde et aux Etats Unis d'Amérique. Ils portent sur l'augmentation de la productivité, l'amélioration de la qualité des fruits, les aptitudes à la conservation et la résistance aux maladies.

Figure 33: Proposition d'un schéma d'amélioration variétale pour les gombos cultivés.



En Afrique, il n'y a pas de programme de sélection sur le gombo. Celle-ci est effectuée directement par les paysans. Les objectifs sont assez différents de ceux des pays où la culture revêt un aspect plus intensif. Ils concernent un étalement des récoltes dans le temps de manière à tirer un profit maximum de la répartition de la pluviométrie annuelle.

Or l'intensification de la culture des plantes maraîchères et du gombo en particulier, pourrait permettre de pallier au déséquilibre alimentaire et à la malnutrition qui sévit encore de nos jours. Des recherches sur les possibilités de consommer les germes de gombo comme cela se fait pour le soja, l'augmentation de la consommation des feuilles, et l'utilisation de certaines variétés, pour d'autres usages, telle la corderie, pourraient être intéressantes.

Le modèle de spéciation par amphiploïdisations successives a entraîné vraisemblablement une perte de la "variabilité transportée" chez le gombo. L'apparition d'un nouveau polymorphisme n'est générée que par les nouvelles mutations ou associations, mais le mode de reproduction autogame en permet une fixation rapide.

Sur la figure 33 est représenté un schéma d'amélioration variétale que nous proposons pour les gombos cultivés. On dispose donc de trois modes principaux de sélection. Le premier, classique, utilise les particularités des plantes autogames. Le second, plus délicat, fait appel aux caractéristiques des espèces spontanées apparentées, et la possibilité de les transférer dans une variété déjà sélectionnée. Le troisième, aléatoire, se base sur la reconstruction des formes cultivées à partir des espèces spontanées parentales, en essayant d'aboutir à une diversité plus grande.

Toutes les méthodes classiques de sélection des plantes autogames sont applicables au gombo (Généalogique, "Single Seed Descent", "Bulks" et diverses modalités de croisement récurrents Allard-1960, Demarly-1977, Gallais-1977, Causse-1985).

Le "peu de résultats" obtenus en amélioration ces dernières décennies peut être, en partie attribué, à la faible variabilité de la collection de référence de l'U.S.D.A.. Nous pensons que de très importants progrès génétiques peuvent être réalisés à partir du matériel de la collection ORSTOM/IBPGR maintenue en Côte d'Ivoire.

En Afrique, la mise à la disposition des paysans, d'une gamme de variabilité plus large pourrait leur permettre d'optimiser les productions. L'inconvénient majeur pourrait être l'abandon des formes cultivées actuelles conduisant à la disparition inéluctable de la diversité entretenue.

Le risque nous semble cependant moindre car les paysans sont très méfiants surtout lorsqu'il s'agit de l'auto-consommation.

Nous pensons que dans l'avenir la possibilité de pérennité des espèces spontanées, traduites par la maintenance végétative de *A. manihot* florifère, ou encore l'aptitude à survivre à partir des tubercules de *A. tuberosus* peuvent apporter des éléments intéressants. Pour le moment, seul le transfert de la résistance à la virose "Yellow Mosaic Vein" (Cf. quatrième partie) a été essayé.

La pollinisation des espèces cultivées, sans émasculature, pourrait permettre d'obtenir plus facilement et sans faire appel aux techniques de cultures d'embryons *in vitro*, de nouvelles combinaisons interspécifiques.

L'utilisation du comportement apparemment "apomictique" des hybrides tels ceux obtenus entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus*, pourrait avoir un intérêt évident pour la fixation de la vigueur hybride.

Les espèces amphiploïdes, généralement autogames, ont la particularité de manifester "un hétérosis fixé". Il est difficile de reconstituer des plantes fertiles par resynthèse des polyploïdes (Hermsen, 1984 a,b,c).

Les deux espèces parentales présumées de *A.esculentus* sont *A.ficulneus* et *A.tuberculatus* (Cf. première partie). Elles sont toutes les deux absentes des collections.

L'espèce *A.ficulneus* a une aire de répartition très large, elle est fréquente dans les herbiers (Charrier et Hamon 1982). Par contre l'espèce *A.tuberculatus* est plus sujette à caution. Elle n'est pas présente dans les herbiers, ce qui était le cas également pour *A.caillei*, et elle n'aurait été utilisée que par un petit nombre de chercheurs (Kuwada 1966, 1974). Son aire de répartition n'est pas précisément délimitée. Par ailleurs, ces espèces spontanées ne sont-elles pas elles-mêmes des amphiploïdes. Cette dernière voie apparaît donc bien complexe. La sélection par reconstitution des formes cultivées risque fort d'être une entreprise de longue haleine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allard, R.W. (1960). Principles of Plant Breeding. Edt. J.Wiley U.S.A.. 485 pages.
- Attere, A.F.Y., Ndumba, E.K. et Mubiana, W. (1983). Collecting crops in Zambia. Plant Genet. Res. Newsl. 56 : 2-6.
- Badra, T., Edema, A.A.O. et Nath, P. (1983). Fruit and vegetable collecting in Nigeria. Plant Genet. Res. Newsl. 54 : 14-1.
- Baker, H.G. (1961). The adaptation of flowering plants to nocturnal and crepuscular pollinators. Q. R. Biol. 36 : 64-73.
- Barendse, G.W.M., Rodrigues-Pereira, A.J., Berkers, P.A., Driesen, F.M., et Eyden, E. (1970). Growth hormones in pollen, styles and ovaries of *Petunia hybrida* and *Lilium* species. Acta Bot. Neerl. 19: 175-186.
- Barton, N.H. et Charlesworth, B. (1984). Genetic revolutions, founder effects and speciation. Ann. Rev. Ecol. Syst. 15 : 133-164.
- Bates, D.M. (1968). Notes on the cultivated *Malvaceae*. 2. *Abelmoschus*. Bailey 16 : 99-112.
- Benzecri, J.P. (1980). Pratique de l'analyse des données: Analyse des correspondances. Edit. Dunod (France). 424 pages.
- Berthaud, J. (1986). Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers diploïdes africains. Evaluation de la richesse génétique des populations sylvestres et de ses mécanismes organisateurs. Conséquences pour l'application. Travaux et Documents de l'ORSTOM N° 188 : 379 pages
- Berthou, F. Trouslot, P. Hamon, S. Vedel, F. et Quetier, F. (1980). Variation enzymatique dans dix huit populations sauvages. Variation de l'ADN mitochondrial dans les espèces: *C.canephora*, *C.eugenioides* et *C.arabica*. Café Cacao Thé 24 (4) : 313-326.
- Borssum Waalkes, J. van (1966). Malesian *Malvaceae* revised. Blumea 14 (1) : 1-251.
- Brown, A.D.H. (1979). Enzyme polymorphism in plant populations. Theor. Pop. Biol. 15 : 1-42.
- Candolle, A.P. de, (1924). *Hibiscus*. Dans: Prodomus systematis naturalis regni vegetabilis 1, 446-455.
- Carson, H.L. et Templeton, A.R. (1984). Genetic revolutions in relation to speciation phenomena: the founding of new populations. Ann. Rev. Syst. 15 : 97-131.
- Causse, M. (1985). Etude bibliographique sur les méthodes de création variétale chez les plantes autogames. C.E.B.A. G.I.S. Moulon. Ferme du Moulon. Gif sur Yvette, France: 55 pages.
- Chandra, S. et Bhatnagar, S.P. (1975). Reproductive biology of *A.esculentus* 1. Reproductive behaviour - floral morphology anthesis and pollination mechanism. Acta Bot. India 3 : 104-113.
- Charrier, A. (1984). Genetic Resources of the Genus *Abelmoschus* Med. (Okra). International Board for Plant Genetic Resources. Rome. 61 pages.

- Charrier, A. et Hamon, S. (1982). La variabilité du genre *Abelmoschus* (gombo) vue à travers les échantillons d'herbiers européens. Rapport interne ORSTOM Adiopodoumé C.I. 35 pages.
- Chauhan, K.S et Bhandari, Y.M. (1971). Pod development and germination studies in okra (*Abelmoschus esculentus*, L. Moench). Ind. J. Agron. 4 (10) : 852-856.
- Chauhan, G.S., Rajput, S.K., Gaur, J.S. et Kushwaha (1968). Blossom biological studies in three species of the genus *Abelmoschus*. J.N.K.V.V. Res. J. 2 (1) : 9-12.
- Cherry, J.P., Katterman, F.R.H., et Endrizi, J.E. (1970). Comparative studies of seed proteins of species of *Gossypium* by gel electrophoresis. Evolution 24 : 431-437.
- Cherry, J.P., Katterman, F.R.H., et Endrizi, J.E. (1972). Seed esterase, LAP, and catalases of species of the genus *Gossypium*. Theor. Appl. Genet. 42 : 218-226.
- Chevalier, A. (1940a). L'origine, la culture et les usages de cinq *Hibiscus* de la section *Abelmoschus* Rev. Bot. Appl. Agri. Trop. 20 : 319-328.
- Chevalier, A. (1940b). L'origine, la culture et les usages de cinq *Hibiscus* de la section *Abelmoschus*. Rev. Bot. Appl. Agri. Trop. 20 : 402-41.
- Choudhury, B. et Choomsai, M.L.A. (1970). Natural cross-pollination in some vegetable crops. Indian J. Agric. Sci. 40 (9) : 805-812.
- Combes, D. (1975). Polymorphisme et mode de reproduction dans la section des *Maximae* du genre *Panicum* (graminées) en Afrique. Mémoires ORSTOM, Paris, N° 77, 100 pages.
- Corley, W.L. (1965). Some preliminary evaluations of okra plant introductions. Georgia Experiment Station 145 : 5-16.
- Crawford, J.L. (1985). Electrophoretic data and plant speciation. Syst. Bot. 10(4) : 405-415.
- Cruden, R.W. (1976). Pollen-ovule ratios : a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution 31 : 32-46.
- Dammann, E. (1978). Les religions d'Afrique. Edit. Payot-Paris. 272 pages.
- Darlington, C.D. et Willy, A.P. (1955). Chromosome atlas of flowering plants. Edt. G. Allen et Unwin Ltd. London. 519 pages.
- Davis, J.I. et Gilmartin, A. J. (1985). Morphological variation and speciation Syst. Bot. 10 (4) : 416-425.
- Demarly, Y. (1977). Génétique et amélioration des plantes. Edt. Masson, Paris. 287 pages.
- Dhillon, T.S. et Sharma, B.R. (1982). Interspecific hybridization in okra (*Abelmoschus* species) Genetica Agraria 36 (3/4) : 247-255.
- Erickson, H.T., et Couto, F.A.A. (1963). Inheritance of four plant and floral characters in okra (*Hibiscus esculentus* L.). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83 : 605-608.

- Fargette, D. (1986). Epidémiologie de la mosaïque africaine du manioc en Côte d'Ivoire. Edit. ORSTOM, Paris. Coll. Etudes et Thèses. 203 pages.
- Fa Yang, S. et Hoffman, N.E., (1984). Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Plant. Physiol.* 35 155-189.
- Fenelon, J.P. (1981). Qu'est ce que l'analyse des données. Edit. Lefonen. 341 pages.
- Frankel, O.H. et Brown, A.H. D. (1984). Current plant Genetic Resources - A Critical Appraisal. In *Genetics New Frontiers. Proceedings of XV International Congress of Genetics.* Oxford & IBH Publishing CO. (4) : 3-13.
- Galen, C., Shykoff, J.A. et Plowright, R.C. (1986). Consequences of stigma receptivity schedules for sexual selection in flowering plants. *Amer. Natur.* 127 : 462-476.
- Gallais, A. (1977). Amélioration des populations, méthodes de sélection et création de variétés. *Ann. Amél. Plantes* 27 (3): 281-329.
- Gawel, N.J. et Robacker, C.D. (1986). Effect of pollen interaction on the tube growth of *Gossypium hirsutum*. *Theor. Appl. Genet.* 72 : 84-87.
- Giannasi, D.E. et Crawford, D.J. (1986). Biochemical systematics. A reprise. *Evolutionary biology* Vol. 20 : 25-248.
- Gilinsky, N.L. (1986). Species selection as a causal process. *Evolutionary biology* Vol. 20 : 249-274.
- Glower, D.E. et Barret, S.C.H. (1986). Variation in the mating system of *Paniculata*. *Evolution* 40 (6) : 1122-1131.
- Gottlieb, L.D. (1977). Evidence for duplication and divergence of structural gene for Phosphoglucomutase in diploid species of *Clarkia* species. *Genetics* 86 : 289-307.
- Gottlieb, L.D. (1982). Conservation and duplication of isozymes in plants. *Science* 216 : 376-380.
- Gottschall, W. (1985). Polyploidy and its role in the evolution of higher plants. In *Advances in Chromosome and Cell Genetics.* Oxford IBH Publishing CO. 3-43.
- Grant, V. et Grant, K.A. (1965). Flower pollination in the Phlox family. Columbia Univ. Press, New York. 200 Pages.
- Grubben, G.J.H. (1977). Other warm weather vegetables. *Tropical vegetables and their genetic resources.* IBPGR 77 : 111-114.
- Gyllensten, U. Ryman, N. et Stahl, G. (1985). Monomorphism of Allozymes in Perch (*Perca fluviatilis*). *Hereditas* 102 : 57-61.
- Hamon, P. Hamon, S. et Toure, B. (1986). Les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis rotundata* de Côte d'Ivoire. Inventaire des cultivars traditionnels. AGPG/IBPGR 86/153: 63 pages.
- Hamon, S. et Charrier, A. (1983). Large variation of okra collected in Benin and Togo. *Plant Genet. Res. Newsl.*, 56 : 52-58.

- Hamon, S. et Van Sloten, D.H. (1987). Characterization and evaluation of Okra. In Frankel, O.H. et Brown, A.D.H. (Eds.). The use of Crop genetic Resources Collections: Cambridge University Press, Cambridge, U.K. (sous presse).
- Hamon, S. et Yapo, A. (1985). Perturbations induced within the genus *Abelmoschus* by the discovery of a second edible okra species in West Africa. First Symposium on Taxonomy of cultivated plants, Wageningen 1985. Acta Hort. 182 : 133-144.
- Hamon, S. Anthony, F. et Le Pierres, D. (1984). La variabilité génétique des caféiers spontanés de la section *Mozambicoffea* A.Chev. I. Précisions sur deux espèces affines: *Coffea pseudozanguebariae* Bridson et *C. sp.* A. Bridson. Bull. Mus. Hist. Nat. 4<sup>e</sup> Série 6 : 207-223.
- Hamon, S., Chomchalow, N., Chandraprasong, C. et Chomchalow, S. (1987). Collecting *Abelmoschus* germplasm in Thailand. I.B.P.G.R. Newsletter, R.C. for Southeast Asia. Vol. 11 (2) : 2-6.
- Hamon, S., Clément, J.; Leblanc, J.M. et de Kochko, A. (1986). The cultivated okra in West Africa : collecting mission in Guinea Plant Genet. Res. Newsl. 65 : 34-37
- Hamrick, J.L., Linhart, Y.B. et Mitton, J.B. (1979). Relationships between life history characteristics and electrophoretically detectable genetic variation in plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10 : 173-200.
- Harris, D.R. (1967). New light on plant domestication and the origins of Agriculture: A review. Geographical Review 57(1) : 90-107.
- Hassan, M.S., Dinar, H.M., Hussein, S.A. et Geneif, A.A. (1985). Indigenous horticultural germplasm of western Sudan. Plant Genet. Res. Newsl. 59 : 4-11.
- Hassan, M.S., Geneif, A.A., Ahmed, M.K., Hussein, S.A., Dinar, H.M. et Attere F. (1983). Horticultural crops collected in Sudan. Plant Genet. Res. Newsl. 56 : 33-40.
- Hermesen, J.G.Th. (1984a). Nature, evolution, and breeding of polyploids. Iowa State J. of Res. 58 (4) : 411-420.
- Hermesen, J.G.Th. (1984 b). The potential of meiotic polyploidization in breeding allogamous crops. Iowa State J. of Res. 58 (4) : 435-448.
- Hermesen, J.G.Th. (1984 c). Some fundamental considerations on inter-specific hybridization. Iowa State J. of Res. 58 (4) : 461-474.
- Hoechreutiner, B.P.G. (1924). Genres nouveaux et genres discutés de la famille des Malvacées. Candollea 2 : 79-90.
- Hutchinson, J. et Dalziel, J.M., (1958). Flora of West Africa (second ed.). Published on behalf of the governments of Nigeria, Ghana, Sierra Leone and the Gambia 1 (2) : 343-348.
- IBPGR (1980). Directory of germplasm collections -4- Vegetables by Toll, J. and Van Sloten, D.H.

- Jambhale, N.D. et Nerkar, Y.S. (1981a). Inheritance of resistance to okra vein mosaic disease in interspecific crosses of *Abelmoschus*. Theor. Appl. Genet. 60 : 313-316.
- Jambhale, N.D. et Nerkar, Y.S. (1981b). Occurrences of spontaneous amphiploidy in an interspecific cross between *A. esculentus* and *A. tetraphyllus*. Journal of MAU 6 (2) : 167.
- Jambhale, N.D. et Nerkar, Y.S. (1982). Indirect selection criteria for isolation of induced polyploids in the *Abelmoschus* species hybrids. Cytologia 47 : 603-607.
- Joshi, A.B., Gadwal, V.R., Hardas, M.W. Okra. Dans Hutchinson, J.B. Evolutionary studies in world crops. Diversity and change in the Indian subcontinent. Cambridge Univ. Press : 99-105.
- Joshi, A.B. et Hardas, M.W. (1976). Okra. Dans Simmonds, N.W. Evolution of crop plants. Edit. Longmans London : 194-195.
- Kalia, H.R. et Padda, D.S. (1962). Inheritance of some fruit characters in okra. Ind. J. of Genet. Plant Breed. 22 (3) : 248-251.
- Kochko, A. de (1987). Isozymic variability of traditional Rice (*Oryza sativa* L.) in Africa. Theor. Appl. Genet. 73 : 675-682.
- Kohle, A.K. et D'Cruz, R. (1966). Inheritance of pigmentation in Okra. Ind. J. of Genetics and Plant Breed. 26 (1) : 112-117.
- Kundu, B.C. et Biswas, C. (1973). Anatomical characters for distinguishing *Abelmoschus* spp. and *Hibiscus* spp. Proc. Ind. Sci. Cong. Assoc. 60 : 295.
- Kuwada, H. (1957). Crossability in the reciprocal crosses between *Abelmoschus esculentus* and *A. manihot*, and the characters and meiosis in F1 hybrids. Jap. J. Breed. 7 : 93-102.
- Kuwada, H. (1961). Studies on the interspecific crossing between *Abelmoschus esculentus* Moench and *A. manihot* Med. and the various hybrids and polyploids derived from the above two species. Faculty of Agriculture, Kagawa University 3-91.
- Kuwada, H. (1966). The new amphiploid plant named *A. tuberculatus* x *A. esculentus*, obtained from the progeny of the reciprocal crossing between *A. esculentus* and *A. tuberculatus* Jap. J. Breed. 16 (1) : 21-30.
- Kuwada, H. (1974). F1 hybrids of *Abelmoschus tuberculatus* x *A. manihot*, with reference to the genome relationships. Jap. J. Breed. 24 (5) : 207-210.
- Mamidwar, R.B., Nerkar, Y.S. et Jambhale, N.D. (1979). Cytogenetics of interspecific hybrids in the genus *Abelmoschus*. Ind. J. Hered. 11 : 35-39.
- Martin, F.W. et Ruberte, R. (1981). Variability in okra seed quality. J. of Agric. 65 (3) : 205-211.
- Martin, F.W., Rhodes, A.M., Ortiz, M. et Diaz, F. (1981). Variation in Okra. Euphytica 30 : 697-705.
- Martin, F.W. (1982). A second edible okra species, and its hybrids with common okra. Ann. Bot. 50 : 277-283.

- Martin, F.W. (1983). Natural outcrossing of okra in Porto Rico. J. Agric. Univ. of Puerto Rico 67 : 50-52.
- Mayr, E. (1974). Populations, espèces et évolution. Eds Hermann (Paris), 496 pages.
- Mehetre, S.S., More, D.C. et Thombre, M.V. (1980). Genetics of pigmentation in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). J. of MAU, 5 : 23-26.
- Miller, J.C. et Willson, W.F. (1938). A preliminary report of okra breeding in Louisiana. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 35 : 551-553.
- Mitidieri, H. et Vencovsky, R. (1974). Polinização cruzada do quiabeiro em condições de campo. Rev. Agric. (Piracicaba) 49 (1) : 36.
- More, D.C. et Vibhute, U.D. (1983). Inheritance of pigmentation in okra. J. Maharashtra Agric. Univ. 8 (2) : 137-140.
- Mulcahy, D.L. (1983). Pollen selection: An overview: "In pollen biology and applications for breeding. Edit. Elsevier, Amsterdam : 15-17.
- Murakammi, Y. (1973). The role of gibberellins in the growth of floral organs of *Pharbitis*. Plant Cell Physiol. 14: 91-102.
- Murdock, P.G. (1959). Africa, its people and their culture history. (New York, Toronto) : 64-77.
- Nath, P. et Dutta, O.P. (1970). Inheritance of fruit hairiness, fruit skin colour and leaf lobing in okra, *Abelmoschus esculentus*. Can. J. Genet. Cytol. 12 : 589-593.
- Nettancourt, D. (1977). "Incompatibility in angiosperms". Springer Verlag, Berlin and N.York : 230 pages.
- Nevo (1978). Genetic variation in natural populations: Patterns and theory. Theor. Pop. Biol. 13 : 121-177.
- N'Guessan, K.P. (1986). Epidémiologie et mécanismes de résistance de l'enroulement du gombo. Rapport de stage ORSTOM C.I. Nov. 1986 : 19pages.
- Noiro, M., Desjardin, J., Mullon, et Savy, L. (1987). Logiciel de calculs statistiques pour micro-ordinateur. "NDMS". Edt. ORSTOM, Paris.
- Ornduff, R. (1969). Reproductive biology in relation to systematics. Taxon 18 : 121-133.
- Pal, B.P., Singh, H.B. et Swarup, V. (1952). Taxonomic relationships and breeding possibilities of species related to Okra (*Abelmoschus esculentus*). Bot. Gaz. 113 : 455-464.
- Parthasarathy, V.A. et Sambandam, C.N. (1976a). Studies on self-pollination techniques in bhindi (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). AUARA 6 : 76-82.
- Pedrosa, J.F., Mizubuti, A., Casali, V.W.D. et De Campos, J.P. (1983). Caracterização morfológica de introduções de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.). Hort. Bras. 1(1):14-23.
- Peeters, J.P. et Williams, J.T. (1984). Towards better use of gene-banks with special reference to information. Plant. Genet. Res. Newsl. 60 : 22-32.

- Pernès, J. (1975). Organisation évolutive d' un groupe agamique: la section des *Maximae* du genre *Panicum* (graminées). Mémoires ORSTOM Paris, N° 75, 108 pages.
- Pernès, J. et Lourd, M. (1984). Organisation des complexes d'espèces. Dans : Gestion des ressources génétiques des plantes. Edt. ACCT, Paris : 7-92.
- Pham, J.L. et Kochko, A. de (1983). Prospection des variétés traditionnelles de Riz dans l'Ouest et le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire : 10 pages.
- Pharis, R.P. et King, R.W. (1985). Gibberellins and reproductive development in seed plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 36 : 517-568.
- Pickersgill, B. (1976). Cytogenetics and evolutionary change under domestication. *Phil. Trans. R. Soc. London* 275 : 55-69.
- Porteres, R. (1950). Vieilles agricultures de l'Afrique intertropicale. Centre d'origine et de diversification variétale primaire et berceaux d'agriculture antérieurs au XVIe siècle. *L'Agronomie Tropicale* 5 (9-10) : 489-507.
- Purewal, S.W. et Randhawa, G.S. (1957). Studies in *Hibiscus esculentus* (lady's finger). 1 Chromosome and pollination studies. *Ind. J. Agri. Sci.* : 129-136.
- Real, L. (1983). Pollination biology. Eds Academic Press. Inc. (London). 338 pages
- Rick, C.M. (1984). Evolution of mating systems: Evidence from Allozyme Variation. *Genet. New Frontiers* (4) : 215-221.
- Roose, M.L. et Gottlieb, L.D. (1976). Genetic and biochemical consequences of polyploidy in *Tragopogon*. *Evolution* 30: 818-830.
- Savidan, Y., Combes, D. et Pernès, J. (1984). *Panicum Maximum*. Dans Gestion des Ressources Génétiques des Plantes. Edt. J. Pernès. Tome 1. Diffusion A.C.C.T. Lib. Lavoisier Paris : 7-40.
- Schaw, D.V. et Brown, A.H.D. (1982). Optimum number of marker loci for estimating outcrossing in plant populations. *Theor. Appl. Genet.* 61 : 321-325.
- Schwartz, O.A. (1985). Lack of protein polymorphism in the endemic relict *Chrysosplenium iowense* (Saxifragacea). *Can. J. Bot.* 63 : 2031-2034.
- Second, G. (1985). Relations évolutives dans le genre *Oryza* et processus de domestication des Riz. Coll. Etudes et thèses Edit. ORSTOM Paris. 189 pages.
- Second, G. et Trouslot, P. (1980). Electrophorèse d'enzymes du riz (*Oryza* sp. ). Travaux et documents de l'ORSTOM, ORSTOM Paris, 120, 88 pages.
- Shalaby, G.I. (1972). Natural cross-pollination in okra. *J. Agric. Sci.* 3 (1) : 381-386.
- Siemonsma, J.S. (1980). Local okra cultivars from Ivory Coast. A note for the IBPGR. Centre Néerlandais, Orstom, Côte d'Ivoire: 11 pages.

- Siemonsma, J.S. (1982,a). La culture du Gombo (*Abelmoschus* spp.) Légume fruit tropical avec référence spéciale à la Côte d'Ivoire. Thèse de l'Université de Wageningen (Pays bas).
- Siemonsma, J.S. (1982,b). West African Okra. Morphological and cytogenetical indications for the existence of a natural amphidiploid of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench and *A. manihot* (L.) Medikus. *Euphytica*, 31 (1) : 241-252.
- Singh, H.B. et Bhatnagar, A. (1975). Chromosome number in an okra from Ghana. *Ind. J. Genet.* 36 (1) : 27-28.
- Sloten, D.H. Van (1980). IBPGR activities on genetic resources of fruits and vegetables. *Chron. Hort.* 20 (3) : 49-52.
- Soltis, D.E. (1982). Allozymic variability in *Sullivantia* (*Saxifragaceae*). *Syst. Bot.* 7(1): 26-34.
- Srivastana, V.K. (1963). Studies on floral biology of *Abelmoschus esculentus* (L) Moench. *Ind. J. Hort.* 21 : 165-169.
- Srivastava, L.S. et Sachan, S.C.P. (1973). Studies on floral biology of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Allahabad Farmer* 47 (1) : 63-65.
- Suttle, J.C. et Kende, H. (1980). Methionine and ethylene biosynthesis in senescing petals of *Tradescantia*. *Phytochemistry* 19 : 1079-1079.
- Tanda, A.S. (1985). Floral biology, pollen dispersal, and foraging behaviour of honeybees in okra (*Abelmoschus esculentus*). *J. Api Res.* 24 (4) : 225-227.
- Terrel, E.E. et Winters, H.F. (1974). Changes in scientific names for certain crops plants. *Hortscience* 9 (4) : 324-325.
- Ter-Avanesian, D.V. (1978). The effect of varying the number of pollen grains used for fertilization. *Theor. Appl. Genet.* 52: 77-79.
- Toll, J. et Gwarazimba, V. (1983). Collecting in Zimbabwe. *Plant Genet. Res. Newsl.* 53 : 2-5.
- Valéro, M., Hassaert, M., Caron, B. Youssof, A., Vernet, P. (1986). Allocation des ressources chez deux espèces de légumineuses, *Lathyrus latifolius* et *L. sylvestris*. *Coll. Nat. CNRS "Biologie des populations"* Lyon 4-6 septembre 1986: 141-148.
- Vavilov, N.I. (1935). The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Chron. Bot.* 13 (1-6) : 1949-1950.
- Venkataramani, K.S. (1952). A preliminary study on some inter-varietal crosses and hybrid vigour in *Hibiscus esculentus*. *J. Madras Univ. Sect. B*, 23 (1) : 1-14.
- Venkataramani, K.S. (1953). Some observations on blossom biology and fruit formation in *Hibiscus esculentus*. *J. Madras Univ. Sect. B* 22 (2) : 183-200.
- Wagner, A.E. et Briscoe, D. A. (1983). An absence of enzyme variability within two species of *Trigona*. *Heredity* 50 (2) : 97-103.
- Wright, S.T.C. (1981). The effect of light and dark periods on the production of ethylene from water stressed wheat leaves. *Planta* 153 : 172-180.

- Wyatt,R. (1983). Pollinator-Plant interactions and the evolution of breeding systems. In Pollination biology Eds Real, L. Academic Press (London)
- Yamaguchi,I. Fujisawa,S. Takahashi,N.(1982). Qualitative and semi-quantitative analysis of gibberellins. *Phytochemistry* 21 : 2049-2055.
- Zoumenou,V.(1985). Etude de quelques aspects du polymorphisme en relation avec le degré de polyploidie chez le gombo. Rapport de DEA, ORSTOM Adiopoudoumé .C.I. 44 pages.



## BIBLIOGRAPHIE

- Akoroda, M.O., Anyim, O.A. et Emiola, I.O.A. (1986). Edible fruit productivity and harvest duration in southern Nigeria. *Trop. Agric. (Trinidad)* 63 (2) : 110-112.
- Akoroda, M.O. (1986). Allogamy, varietal adulteration and the breeding of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) in Nigeria. *J. Agric. Sci. Camb.* 106 : 313-321.
- Arulrajah, T. et Ormrod, D.P. (1973). Responses of okra (*Hibiscus esculentus* L.) to photoperiod and temperature. *Ann. Bot.* 37 : 331-340.
- Avise, J.C., Smith, J.J. et Ayala, F.J. (1975). Adaptive differentiation with little genic change between two native California minnows. *Evolution* 29 : 411-426.
- Barton, N.H. (1984). Genetic revolutions, founder effects and speciation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15 : 133-164.
- Beekman, W. (1986). Caractéristiques de quelques hybridations intra et inter-spécifiques au sein du genre *Abelmoschus*. Rapport de stage ORSTOM, Adiopodoumé : 37 pages.
- Boisson, C. et Renard, J.L. (1967). Les maladies cryptogamiques des plantes maraîchères en Côte d'Ivoire. *Agronomie Tropicale* 22 (8) : 699-755.
- Brown, A.D.H. (1978). Isozymes, plant population genetic structure and genetic conservation. *Theor. Appl. Genet.* 52 : 145-157.
- Busson, R. (1965). Malvacées. Dans *Plantes alimentaires de l'A.O.F.* : 293-302.
- Buth, D.G. (1984). The application of electrophoretic data in systematic studies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15 : 501-522.
- Camussi, A., Ottaviano, E., Calinski, T. et Kaczmarek, Z. (1985). Genetic distances based on quantitative traits. *Genetics* 111 : 945-962.
- Charlesworth, D. (1985). Molecular view of pollen rejection. *Nature* : 318 (21) : 231-232.
- Datta, P.C. et Naug, A. (1968). A few strain of *Abelmoschus esculentus* L. Moench. Their karyological study in relation to phylogeny and organ development. *Beit. Biol. Pflanzen* 45 : 113-126.
- Dubey, R.S. (1972). Embutox (2,4-dichlorophenoxybutyric acid) a new phyto-gametocide. *Curr. Sci.* 41 (8) : 297-298.
- Dubey, R.S. et Shing, S.P. (1968b). Chemical induction of male-sterility in *Abelmoschus esculentus* L. Moench. *Ind. J. Agric. Sci.* 38 (1) : 108-114.
- Dyemkouma, D., Sessouma, G. et Drabo, I. (1984). Collecte de germplasm de cultures vivrières dans le sud-ouest de Burkina-Faso. Livret du Ministère de l'Agriculture et de l'élevage. AGPG : IBPGR / 85/7 : 64 pages.

- Engels, J. et Dadi, T. (1986). Germplasm exploration in Gambela: local okra and cowpea. PGRC/E ILCA 11 : 15-19.
- Esuruoso, O.F., Ogundiran, S.A., Chhedda, H.R. et Fatokun, D.O. (1975). Seedborne fungi and some fungal diseases of okra in Nigeria. Plant Disease Reporter 59 (8) : 660-663.
- Fakotun, C.A. et Aken'Ova, M.E. (1979). Supernumerary inflorescence: a mutation of agronomic significance in okra. J. of Heredity 70 : 270-271.
- Fincham, J. (1986). Self-incompatibility in plants. Nature 321 : 20.
- Fowler, N.L. et Levin, D.A. (1984). Ecological constraints on the establishment of a novel polyploid in competition with its diploid progenitor. Amer. Natur. 124 (5) : 703-711.
- Gadwal, V.R., Joshi, R.D. et Iye, R.D. (1968) Interspecific hybrids in *Abelmoschus* through ovule and embryo culture. Ind. J. Genet. Plant Breed. 28(3) : 269-274.
- Gillespie, J.H. (1984). Molecular evolution over the mutation landscape. Evolution 38 (5) : 1116-1129.
- Givord, L. et Hirth, L. (1973). Identification, purification and some properties of a mosaic virus of okra (*Hibiscus esculentus*). Ann. Appl. Biol. 74 : 359-370.
- Gottlieb, L.D. (1983). Genetics and morphological evolution in plants. Amer. Natur. 123 (5) : 681-709.
- Gottlieb, L.D. (1984). Electrophoretic analysis of the phylogeny of the self-pollinating populations of *Clarkia wantiana*. Plant Syst. Evol. 147 : 91-102.
- Harlan, J.R. et De Wet, J.M.J. (1971). Toward a rational classification of cultivated plants. Taxon 20 (4) : 509-517.
- Harlan, J.R. et De Wet, J.M.J. (1975). On  $\wedge$ O. winge and a prayer : the origins of polyploidy. Bot. Rev. 41 (4) : 361-391.
- Hauber, D.P. (1986) Autotetraploidy in *Haplopappus spinulosus* hybrids: Evidence from natural and synthetic tetraploids. Amer J. Bot. 73(11) : 1595-1606.
- Hauman, L. (1963). Flore du Congo du Rwanda et du Burundi. Spermatophytes X : 142-145.
- Heslop-Harrison, J. et Heslop-Harrison, Y. (1970). Evaluation of pollen viability by enzymatically induced fluorescence. Stain Tech. 45 (3) : 115-120.
- Hill, J.P. et Lord, E.M., (1986). Dynamics of pollen tube growth in the wild radish, *Raphanus Raphanistrum* (Brassicaceae). I. Order of fertilization. Evolution 40 (6) : 1328-1333.
- Jackson, R.C. (1982). Polyploidy and diploidy : new perspectives on chromosome pairing and its evolutionary implications. Amer. J. Bot. 69 (9) : 1512-1523.
- Kesavan, V. (1985). Phenotypic variation in aibika (*Abelmoschus manihot* L. medikus. 5th SABRAO International Congress Nov. 1985 Bangkok; Thailand.

- Kruckeberg, A.R. (1985). Biological aspects of endemism in higher plants. *Ecol. Syst.* 16 : 447-479.
- Kubitzki, K. et Gottlieb, O.R. (1984). Phytochemical aspects of angiosperm origin and evolution. *Acta Bot. Neerl.* 33(4) : 457-468.
- Kupsow, A.J. (1980). Theoretical basis of the plant domestication. *Theor. Appl. Genet.* 57 : 65-74.
- Levin, D.A. et Kerster, H.W. (1967). An analysis of interspecific pollen exchange in phlox. *Amer. Nat.* 101 : 387-399.
- Levin, D.A. (1983). Polyploidy and novelty in flowering plants. *Amer. Nat.* 122 (1) : 1-24.
- Lewontin, R.C. (1984). Detecting population differences in quantitative characters as opposed to gene frequencies. *Amer. Nat.* 123 (1) : 115-125.
- Martin, J.A., Senn, T.L., Skelton, B.J. et Crawford, J.H. (1960). Response of okra to moisture content and storage temperature. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 75 : 490-494.
- Mitra, R. et Bhatia, C.R. (1971). Isoenzymes and polyploidy. *Genet. Res. Camb.* 18 : 57-69.
- Murray, B.E., Craig, I.L. et Rajhathy, T. (1970). A protein electrophoretic study of three amphiploids and eight species in *Avena*. *Can. J. Genet. Cytol.* 12 : 651-665.
- Njoku, E. (1958). The photoperiodic response of some Nigerian plants. *J. West Afr. Sci. Ass.* 4 : 99-111.
- Ochse, H. (1931). *Malvaceae Abelmoschus*. Vegetables of the Dutch East Indies. Amsterdam 1931 463-478.
- Ockendon, D.J. et Currah, L. (1978). Time of cross and self pollination affects the amount of self-seed set by partially self incompatible plants of *Brassica oleracea*. *Theor. Appl. Genet.* 52 : 233-237.
- Padda, D.S., Saimbhi, M.S. et Singh, J. (1970). Genetic evaluation correlation studies in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Ind. J. Hort.* 27 : 39-41.
- Patil, J.A. (1963). Polyploidy in vegetable crops. "Okra" (*Abelmoschus esculentus*). *Poona Agric. Coll. Mag.* 54: 20-25.
- Pemberton, J.M. et Smith, R.H. (1985). Lack of biochemical polymorphism British fallow deer. *Heredity* : 55 : 199-207.
- Petit-Maire, N. (1984). Le Sahara de la steppe au désert. *La Recherche* 160 (150) : 1372-1382.
- Pickersgill, B. (1969). Cultivated plants and the Kon-Tiki theory. *Nature* 222, 519: 225-227.
- Pickersgill, B. (1975). Wild cotton in northeast Brazil. *Biotropica* 7 (1): 42-54.
- Ramsay, G., Pickersgill, B., Jones, J.K., Hammond, L. et Stewart, M.H. (1984). Barriers to interspecific hybridisation between *Vicia faba* and other species of section *Faba*. *Agr. Physiol. and Breed. of Vicia*. 201-208.
- Rao, T.S. (1975). A study of correlation and regression coefficients in bhindi. *Curr. Res.* 48 : 135-137.

- Rolland,R.(1967). Flore populaire ou histoire naturelle des plantes dans leurs rapports avec la linguistique et le folklore. Editions G.P. Maisonneuve et Larose : 76-77.
- Ryman,N., Lagercrantz,U., Andersson,L., Chakraborty,R. et Rosenberg,R. (1984). Lack of correspondance between genetic and morphologic variability patterns in atlantic herring (*Clupea harengus* ). Heredity 53 (3) : 687-704.
- Sangduen,N., Sorensen,E.L. et Liang,G.H. (1983). Pollen germination and pollen tube growth following self-pollination and intra and interspecific pollination of Medicago Species. Euphytica 32 : 527-534.
- Schaal,B.A. (1980). Measurement of gene flow in *Lupinus texentis*. Nature 284 : 450-451.
- Sheen,S.J. (1972). Isozymic evidence bearing on the origin of *Nicotiana tabacum* L. Evolution 26 : 143-154.
- Siddig,M.A. (1967). Genetics of to cotton-leaf curl in Sahel cotton (*Gossypium barbadense* ). J. Agric. Camb. 70 : 99-103.
- Sing,C.F. et Brewer,G.J. (1969). Isozymes of a polyploid series of wheat. Genetics 61 : 391-398.
- Singh,H.B., Joshi,B.S., Khana,P.P. et Gupta,P.S. (1962). Breeding for field resistance to yellow-vein-mosaic in bhindi. Ind. J. Genet. 22 (2) : 137-144.
- Singh,S.P., Stivastava,J.P. et Singh H.N. (1975). Heterosis in bindi. Progressive Horticulture 7 (2) : 5-15.
- Sinnadurai,S.(1977). Preliminary studies on some Ghanian Okra varieties. Vegetables for hot and humid tropics. 2:43-43.
- Slatkin,M.(1985). Gene flow in natural populations. Ann. Rev. Ecol. Syst. 16 : 393-430.
- Smartt,J. ( 1981 ). Evolving gene pools in crop plants. Euphytica 30: 415-418.
- Solbrig,O.T. (1972). Breeding system and genetic variation in *Leavenworthia* . Evolution 26 : 155-160.
- Spies, J.J. (1984). Determination of genome homology in polyploids. South Afri. J. Sci. 80 : 44-46.
- Stebbins,G.L.(1957). Self fertilization and population variability in the higher plants. Amer. Natur. 41 : 337-354.
- Sutherland,S.(1985). Patterns of fruit-set : What controls fruit-flower ratios in plants ? Evolution 40 (1) : 117-128.
- Thorpe,J.P.(1979). Enzyme variation and taxonomy : the estimation of sampling errors in measurements of interspecific genetic similarity. Biol. J. Lin. Soc. 11 : 369-386.
- Tolbert,D.M., Quset,C.O.; Jain,S.K. et Craddock,J.C.(1969).A diversity analysis of a world collection of Barley. Crop. Science, 19 789-794.
- Trivedi,H.B.P. et Prakash,R. (1967). Heritability of fruit size in bhindi. Science and Culture 35 : 318-319.

- Wagner, A.E. et Briscoe, D.A. (1983). An absence of enzyme variability within two species of *Trigona*. *Heredity* 50 (2) : 97-103.
- Wathnabe, K. (1983). Studies on the control of diploid-like meiosis in polyploid taxa of *Chrysanthemum*. *Theor. Appl. Genet.* 66 : 9 - 14.
- Watterson, G.A. (1984). Allele frequencies after a bottleneck. *Theor. Pop. Biol.* 26 : 387-407.
- Weihe, A., Borner, T. (1984). The mitochondrial genome of higher plants. *Ind. Acad. Sci. (Plant Sci.)* 3 : 305-316.
- Wijsman, E.M. et Cavalli-Sforza, L.L. (1984). Migration and genetic population structure with special reference to humans. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15 : 279-301.
- Winkel, A. (1984). Contribution à la description de la variabilité naturelle des gombos cultivés en Afrique de l'Ouest. Rapport de stage ORSTOM Adiopodoumé C.I. : 28 pages.
- Zouros, E. et Hertz, P.E. (1984). Enzyme function and polymorphism : A test in two *Anolis* lizard species. *Bioch. Genet.* 22 (1-2) : 89-97.



Annexe 1: Liste des espèces du genre *Abelmoschus* d'après Charrier 1984.

1a	<i>H. abelmoschus</i> Linné
1b	<i>H. abelmoschus</i> var. <i>betulifolius</i> Mast.
4	<i>Laguna aculeata</i> Cav.
4	<i>A. albo-ruber</i> FvM
6	<i>A. angulosus</i> W et A
6	<i>A. angulosus</i> var. <i>grandiflorus</i> Th. w
6	<i>A. angulosus</i> var. <i>purpurens</i> Th. w
1c	<i>H. biakensis</i> Hochr.
1d	<i>H. brevicapsulatus</i> Hochr.
5	<i>H. cancellatus</i> Roxb.
1d	<i>A. coccineus</i> Hu
5	<i>H. crinitus</i> Wall.
3	<i>H. esculentus</i> L.
1d	<i>H. esquirolii</i> (Leveillé) Hu
2b	<i>H. ficulneoides</i> Lindl.
4	<i>H. ficulneus</i> L.
1a	<i>H. haenkeanus</i> Presl.
5	<i>A. hainanensis</i> Hu
3(1)	<i>H. hispidissimus</i> Chev.
2b	<i>H. hostilis</i> Wall. ex Mast.
2a	<i>H. japonicus</i> Miq.
3(1)	<i>H. longifolius</i> Willd.
1d	<i>H. longifolius</i> var. <i>tuberosus</i> Span.
2b	<i>H. luzoniensis</i> Merr.
2a	<i>H. manihot</i> L.
2b	<i>A. mindanaensis</i> Warb ex Perk.
6	<i>H. molochinus</i> Alston
2c	<i>A. multilobatus</i> Merr.
2b	<i>H. notho-manihot</i> F.v.M.
2a	<i>H. palmatus</i> Cav.
2	<i>H. papyriferus</i> Salisb.
2	<i>H. pentaphyllus</i> Roxb.
6	<i>H. primulinus</i> Alston
4	<i>H. prostratus</i> Roxb.
1a	<i>H. pseudo-abelmoschus</i> Blume
2	<i>H. pseudo-manihot</i> DC.
2c	<i>H. pungens</i> Roxb.
1d	<i>A. rodopetalus</i> F.v.M.
1d	<i>A. rugosus</i> Wall. ex W. et A.
1d	<i>H. saggittifolius</i> var. <i>septentrionalis</i> Gagn.
6	<i>H. setinervis</i> Dunn.
1d	<i>A. sharpei</i> Copel. ex Merr.
4	<i>H. sinuatus</i> Cav.
4	<i>H. strictus</i> Roxb.
1d	<i>H. subnudus</i> Craib. ex Kerr.
2b	<i>H. tetraphyllus</i> Roxb. ex Hornem.
2a	<i>H. timorensis</i> DC.
1d	<i>A. todayensis</i> Elmer
3	<i>A. tuberculatus</i> Pal et Singh
1d	<i>A. vanoverberghii</i> Merr.
2c	<i>H. vrieseanus</i> Hassk.
2	<i>H. zenkeri</i> Gürke

1/ H = *Hibiscus*; A = *Abelmoschus*

Annexe 2: Variation des nombres chromosomiques du genre  
*Abelmoschus* d'après Siemonsma 1982a.

Espèces	Nombres (2n)	Auteurs
<i>A. esculentus</i>	±66	FORD (1938)
	72	TESHIMA (1933); UGALE <i>et al.</i> (1976); KAMALOVA (1977)
	108	DATTA <i>et NAUG</i> (1968)
	118	KRENKE (cf. TISCHLER, 1931)
	120	KRENKE (cf. TISCHLER, 1931); PUREWAL <i>et</i> RANDHAWA (1947); DATTA <i>et NAUG</i> (1968)
	122	KRENKE (cf. TISCHLER, 1931)
	124	KUWADA (1961, 1966)
	126-134	CHIZAKI (1934)
	130	SKOVSTED (1935); JOSHI <i>et HARDAS</i> (1953); GADWAL <i>et al.</i> (1968)
	131-143	SIEMONSMA (1981)
	132	MEDVEDEVA (1936); ROY <i>et JHA</i> (1958)
±132	BRESLAVETZ <i>et al.</i> (1934); FORD (1938)	
144	DATTA <i>et NAUG</i> (1968)	
<i>A. tuberculatus</i>	58	JOSHI <i>et HARDAS</i> (1953); KUWADA (1966, 1974); GADWAL <i>et al.</i> (1968); JOSHI <i>et al.</i> (1974)
<i>A. sp.</i> (Ghana)	194	SINGH <i>et BHATNAGAR</i> (1975)
<i>A. sp.</i> (Guinée)	185-198	SIEMONSMA (1981)
<i>A. manihot</i>	60	TESHIMA (1933); CHIZAKI (1934)
	66	SKOVSTED (1935); KAMALOVA (1977)
	68	KUWADA (1961, 1974)
<i>A. pungens</i>	138	GADWAL (cf. JOSHI <i>et HARDAS</i> , 1976)
<i>A. tetraphyllus</i>	130	UGALE <i>et al.</i> (1976)
	138	GADWAL (cf. JOSHI <i>et HARDAS</i> , 1976)
<i>A. moschatus</i>	72	SKOVSTED (1935, 1941); GADWAL <i>et al.</i> (1968); JOSHI <i>et al.</i> (1974)
<i>H. coccineus</i>	38	SKOVSTED (1935)
<i>A. ficulneus</i>	72	GADWAL <i>et al.</i> (1968); JOSHI <i>et al.</i> (1974)
	78	SKOVSTED (1935, 1941)
<i>H. grandiflorus</i>	38	SKOVSTED (1941)

**Annexe 3:** Données obtenues après nouaison précédée de coupures de style à différentes heures.

A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
772	7	-	-	-	1347	7	-	-	-
772	9	20	80.00	4.95	1347	9	20	64.40	4.32
772	11	20	59.60	3.23	1347	11	75	78.17	5.02
772	14	31	72.50	4.20	1347	14	90	98.88	6.12
803	7	-	-	-	1467	7	10	46.00	3.70
803	9	45	95.25	6.14	1467	9	65	78.69	5.69
803	11	45	78.75	5.28	1467	11	80	91.73	6.37
803	14	86	86.08	5.8	1467	14	90	99.31	6.86
1043	7	-	-	-	1506	7	-	-	-
1043	9	-	-	-	1506	9	15	61.40	3.92
1043	11	10	32.50	2.75	1506	11	75	56.20	3.38
1043	14	73	86.86	6.59	1506	14	90	72.56	4.18
1051	7	-	-	-	2137	7	-	-	-
1051	9	25	90.75	6.23	2137	9	15	59.00	4.57
1051	11	10	95.63	6.69	2137	11	60	97.00	3.81
1051	14	70	104.62	7.22	2137	14	75	99.0	4.00
1159	7	-	-	-	C.S.	9	-	-	-
1159	9	33	85.17	5.67	C.S.	11	-	-	-
1159	11	36	66.60	4.45	C.S.	14	50	61.20	5.65
1159	14	75	105.43	6.91	C.S.	16	92	82.20	5.20

**Légende:**

**A:** Numéro de collection; **B:** Heure de coupure; **C:** Taux de nouaison;  
**D:** Nombre de graines par fruit à maturité; **E:** Poids de graines dans les fruits.

#### Annexe 4: Modalités particulières de quelques descripteurs qualitatifs chez les gombos cultivés.

---

**Coloration de la tige:**

Verte / Verte plus veinures rouges / Rouge à pourpré / Rouge avec des veinures vertes / Violacé / Bronze

**Coloration du spot floral:**

Coloration interne uniquement / Coloration interne et externe

**Coloration du pétiole:**

Vert / Rouge face supérieure, verte face inférieure / Rouge des deux cotés

**Coloration basale des nervures:**

Vert / Rouge foncé

**Coloration des nervures:**

Verte / Rouge sur la moitié proximale / Verte avec quelques points rouges sur la moitié proximale / Rouge sur la moitié proximale avec quelques points rouges sur la partie distale / Complètement rouge

**Coloration du limbe:**

Vert / Points rouges sur le limbe / Taches rouges importantes.

**Coloration des fruits:**

Vert très clair presque blanc / Vert (type Clemson Spineless) / Vert avec quelques taches rouges / Blanchâtre avec quelques taches rouges / Rouge / Vert très foncé du à un duvet noir / Vert clair / Violet / Vert foncé grisailleux / Vert d'eau( type Soudan) / Rosé.

**Position des fruits par rapport à l'axe orthotope:**

Erigé ( collé à la tige ) / Intermédiaire ( angle de 45°) / Horizontal (perpendiculaire à la tige ) / Légèrement retombant (retombant à 45°) / Complètement retombant (collé ou presque à la tige)

**Longueur des ramifications:**

Absence de rameaux / Rameaux très courts <40 cm / Rameaux moyens (de 10 à 50 cm) / Rameaux longs (plus de 50 cm)

**Coloration plus foncée des arêtes:**

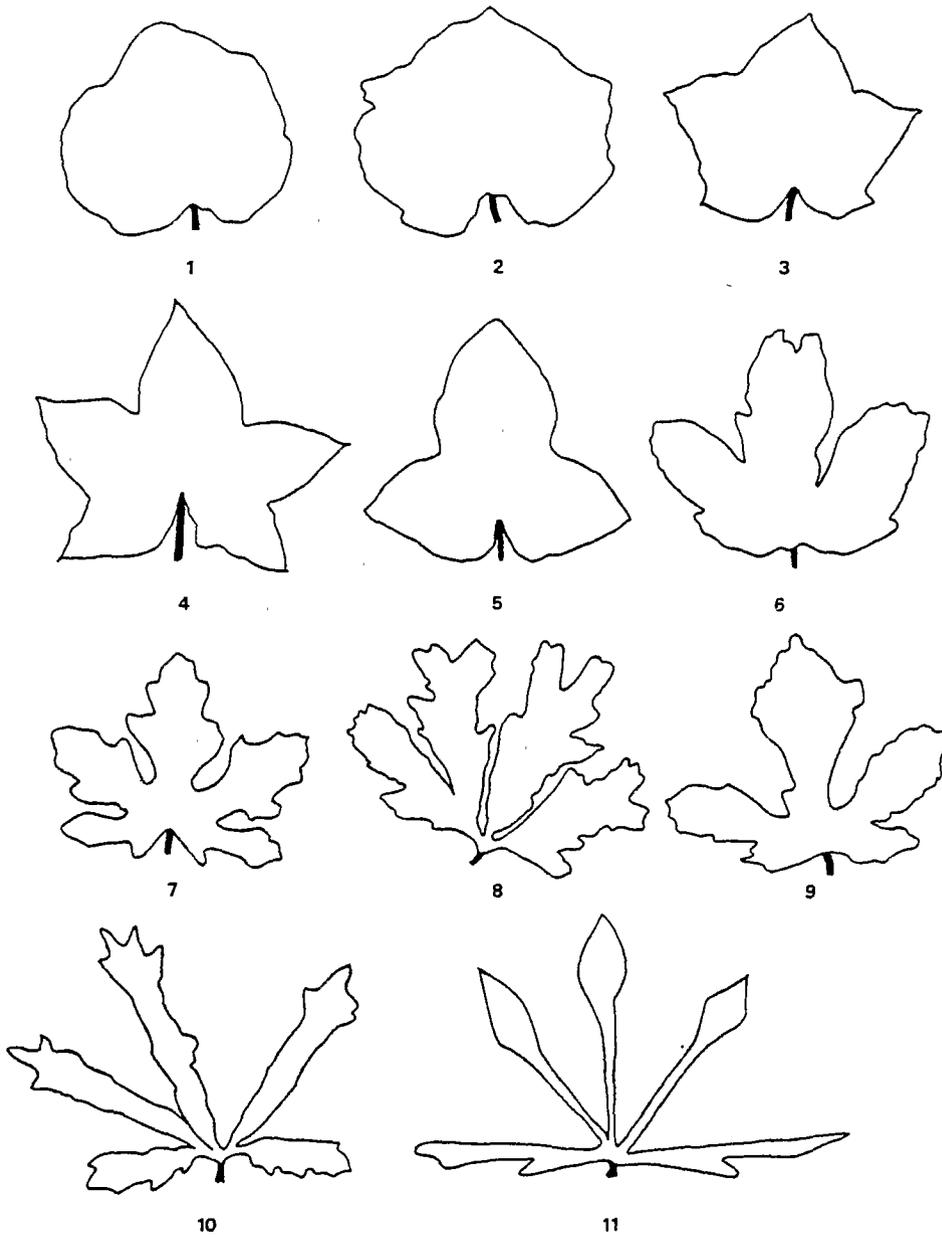
Absence de coloration plus foncée / Coloration plus foncée au niveau des arêtes

**Epine sur la surface du fruit, duvet Important sur les graines:**

Pas d'épines , ni de duvet / Pas d'épines, légèrement duveteuses / Pas d'épines, très duveteuses / Légèrement épineux, non duveteuses / Epines très nombreuses, non duveteuses / Epines nombreuses, duvet important.

**Annexe 5:** Principaux types foliaires rencontrés au sein du genre *Abelmoschus* (gombo).

---





**Annexe 7: Données sur les nouaisons en fonction des géniteurs  
choisis dans les groupes de comportements différents.**

Femelles	803	1506	2137	C.S.	
Males					
803	44 130 56	38 83 60	34 71 72	12 103 66	T G P
1467	56 95 72	52 74 57	48 70 71	4 71 63	T G P
1506	60 92 70	62 77 57	32 75 71	12 119 63	T G P
2137	50 96 65	54 80 61	32 75 69	8 72 44	T G P
1051	48 102 68	56 74 61	32 72 72	4 83 72	T G P
C.S.	48 101 68	60 83 59	28 80 61	6 85 63	T G P

**Légende: T:Taux de nouaison, G:Nombre de graines par fruit  
P:Poids de mille graines.**

**Annexe 8: Modèle possible d'hérédité de la susceptibilité à l'émasculation.**

	Génotypes	Fréquences	Phénotypes
Clemson Spineless	S+/S+ (s+)		Sus.
ORS 1506	S-/S- (s-)		N.sus.
F1a (C.S. x 1506)	S+/S- (-)		N.sus.
F1b (1506 x C.S.)	S+/S- (+)		Sus.
F2.1a (C.S. x 1506)AF	S+/S- (s-)	1/2	N.Sus
	S+/S+ (s-)	1/4	N.
	S-/S- (s-)	1/4	N.Sus
F2.1b (1506 X C.S.)AF	S+/S- (s+)	1/2	Sus.
	S+/S+ (s+)	1/4	Sus.
	S-/S- (s+)	1/4	N.sus.?
F2.2 (F1a X F1b)	S+/S- (s+)	1/2	Sus.
	S+/S+ (s+)	1/4	Sus.
	S-/S- (s+)	1/4	N.sus.?
BC1a(C.S. x 1506) x C.S.	S-/S+(-)	1/2	N.su
	S-/S-(-)	1/2	Sus.
Bc1b (C.S. X 1506) X 1506	S+/S-(-)	1/2	Sus.
	S-/S-(+)	1/2	N.Sus. ?

Dans ce tableau nous avons considéré l'action d'un gène nucléaire présent sous deux états alléliques S+ et S- interagissant avec un facteur cytoplasmique s+ ou s-, transmis par le parent mâle.

Il faut cependant noter, que les croisements réciproques entre les deux variétés testées, conduisent à des F1 dont les phénotypes sont différents en fonction de la saison. En saison sèche, le phénotype "susceptibilité" correspond à 90% d'échecs, la "non susceptibilité" à 30% d'échecs. Ces valeurs se réduisent à respectivement 19% et 7% en saison des pluies. Ceci pourrait résulter d'une thermosensibilité.

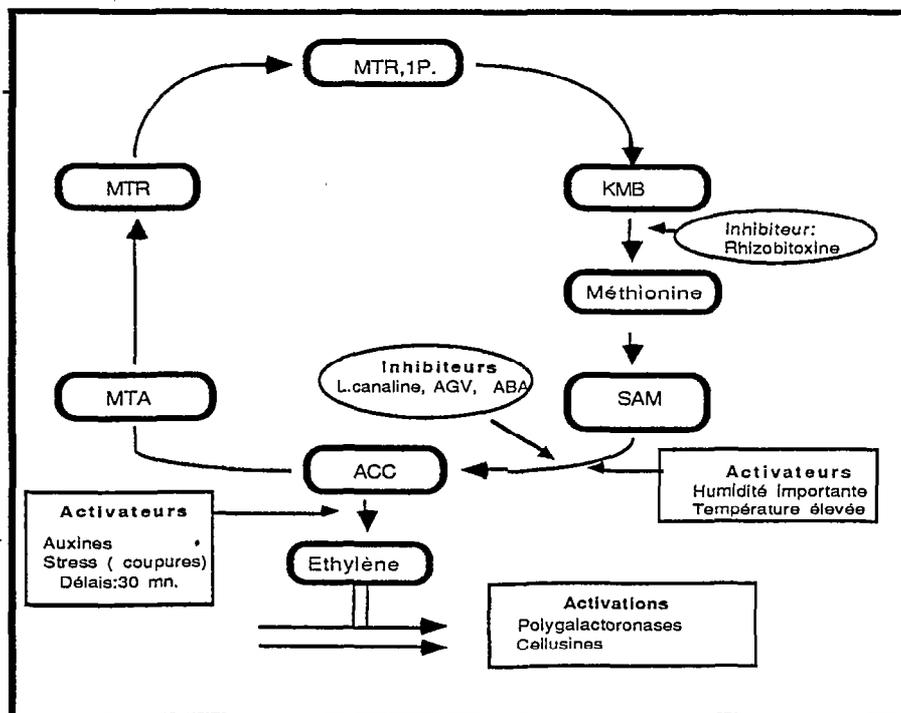
**Annexe 9: Cycle de la méthionine et de la production d'éthylène.**  
D'après Fa Yang et Hoffman 1984 modifié.

L'éthylène est produit à partir de l'aminocyclopropane (ACC) lui même synthétisé à partir du S-adénosylméthionine (SAM) qui fait partie du cycle de la méthionine schématisé sur la figure.

L'éthylène joue le rôle d'activateur pour les polygalacturonases et les cellulysines. L'addition d'auxines de même que des coupures produisent les effets les plus rapides, ils induisent la dégradation rapide de l'ACC. Tout dépend, en fait, de la quantité d'ACC disponible dans la cellule. L'accumulation d'ACC à partir du SAM est favorisée par une humidité importante. La lumière diminue la production d'éthylène en influant sur la conversion de l'ACC.

Si l'abscission est liée au cycle de la méthionine, avec comme nous le montrons sur la figure trois étapes limitantes successives, on comprend mieux que la transmission du caractère aux descendances puisse être complexe.

Le cycle de la méthionine et de la production d'éthylène.





**LISTE DES FIGURES, TABLEAUX, ANNEXES  
et PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES.**

<b>I.Figures.</b>	<b>Pages</b>
(1) Organisation évolutive du genre <i>Abelmoschus</i> d'après Charrier (1984) modifié.	13
(2) Répartition des espèces du genre <i>Abelmoschus</i> dans le monde.	21
(3) Répartition éco-géographique de <i>A.esculentus</i> en Afrique de l'Ouest.	39
(4) Répartition éco-géographique de <i>A.caillei</i> en Afrique de l'Ouest.	39
(5) Floraison des deux espèces de gombo cultivées en fonction de la latitude du point de prélèvement.	43
(6) Phénologie comparée de floraison pour les deux espèces de gombo.	44
(7) Progression moyenne du taux de nouaison en fonction de l'heure de coupure du style chez <i>Abelmoschus esculentus</i> .	46
(8) Cinétiques de nouaison pour trois variétés.	47
(9) Aspect multivarié de la nouaison.	50
(10) Représentation graphique des pourcentages d'hybrides obtenus en fonction de l'heure de pollinisation.	51
(11) Position des variétés étudiées dans le système de Cruden (1976).	55
(12) Profils enzymatiques discriminants entre les deux espèces de gombo cultivées en Afrique.	72
(13) Différences et similitudes entre les deux espèces au niveau des corrélations.	72
(14) Expression de la variabilité comparée entre la collection de référence USDA (275 <i>A. esculentus</i> ) et les cultivars de Côte d'Ivoire.	76

	Pages
(15) Expressions de la variabilité de différentes origines africaines de <i>A.esculentus</i> . (plan factoriel 1x2).	78
(16) Profils enzymatiques des systèmes polymorphes chez <i>A.esculentus</i> .	80
(17) Représentation des sept groupes de <i>A.esculentus</i> sur le plan factoriel discriminant (1x2).	85
(18) Clé de discrimination chez <i>A.esculentus</i> .	86
(19) Critères d'identification variétale des gombos cultivés en Afrique de l'Ouest.	91
(20a) Limites de groupes des nuées dynamiques sur la plan (1*2) sur <i>A.esculentus</i> de Guinée.	94
(20b) Limites de groupes des nuées dynamiques sur le plan (1*2) de l'ACP sur <i>A.caillei</i> de Guinée.	94
(20c) Projection des groupes obtenus sur la carte de Guinée.	95
(21) Compartiments reproductifs chez le gombo.	108
(22) Illustration des taux de nouaison pour les 24 combinaisons étudiées (pollinisations manuelles et émasculation).	110
(23) Représentation des groupes de comportement en fécondation avec émasculation.	111
(24) Le taux de nouaison en fonction du rayonnement global (R.G.) journalier.	113
(25) Evolution des nombres d'hybrides en fonction de l'heure de pollinisation.	117
(26) Plan factoriel 1*2 d'une ACP sur les parents et hybrides inter-spécifiques	120
(27) Occurrence de nouaison à chaque noeud sur la tige principale des hybrides réciproques entre <i>A.esculentus</i> et <i>A.caillei</i> .	121

	Pages
(28) Représentation du nombre de grains de pollen pleins en fonction du nombre total de grains de pollen par anthère pour l'hybride <i>A.esculentus</i> par <i>A.caillei</i> .	125
(29) Répartition des diamètres des grains de pollen des hybrides interspécifiques.	126
(30) Aspects de la dégénérescence des graines pour les hybrides entre <i>A.esculentus</i> et <i>A.tetraphyllus</i> ..	130
(31) Zymogrammes des parents et hybrides interspécifiques de seconde génération.	131
(32) Histogrammes de distribution pour quatre descripteurs des F2 entre <i>A.esculentus</i> et <i>A.tetraphyllus</i> .	132
(33) Proposition d'un schéma d'amélioration variétale.	146

## II. Tableaux.

	Pages
(1) Les classifications du genre <i>Abelmoschus</i> .	11
(2) La composition de la collection de l'USDA.	15
(3) La collection de gombo ORSTOM / IBPGR	18
(4) Différences entre les plantes allogames et leurs dérivées homologues autogames d'après Wyatt (1983)	30
(5) Liste des variétés utilisées pour l' étude des recouvrements des phases reproductives.	32
(6) Origine et principales caractéristiques des variétés utilisées pour les études de biologie florale.	33
(7) Répartition des deux espèces cultivées au Togo et au Bénin.	41
(8) Résultats des fécondations sans émasculatión sur la variété de <i>Abelmoschus esculentus</i> ORS 1506.	51
(9) Allogamie estimée dans une parcelle de <i>A.esculentus</i> .	52

	Pages
(10) Quelques variations du rapport (P/O) chez le gombo.	54
(11) Système reproductif en fonction du rapport Pollen Ovule de Cruden.	54
(12) Fréquences des électromorphes des SkdH chez les gombos cultivés.	81
(13) Pourcentages de bien classés des <i>A.esculentus</i> du Togo et du Bénin en analyse discriminante basée sur les groupes de précocité.	83
(14) Correspondances entre les groupes de précocité et les groupes obtenus avec les nuées dynamiques.	83
(15) Recodage des quatre premières variables discriminantes	85
(16) Principaux noms génériques du gombo recensés en Afrique de l'Ouest.	87
(17) Coefficients de remplissage des fruits en pollinisations libres et forcées.	111
(18) Comportements face à l'émasculation pour des combinaisons entre les groupes extrêmes.	114
(19) Pollinisations sans émasculation à neuf et onze heures chez <i>Abelmoschus esculentus</i> .	116
(20) Cinétique de floraison des parents et hybrides interspécifiques.	119
(21) Caractéristiques des parents et des hybrides	120
(22) Evolution de la fertilité des hybrides interspécifiques entre <i>A.esculentus</i> et <i>A.caillei</i> .	124
(23) Caractéristiques des distributions du diamètre pollinique des parents et hybrides.	126
(24) Contenu en graines et embryons des fruits hybrides.	127

	Pages
(25) Les différents niveaux de ploïdie au sein du genre <i>Hibiscus</i> .	139
<b>III. Annexes.</b>	
(1) Liste des espèces appartenant au genre <i>Abelmoschus</i> , d'après Charrier 1984.	167
(2) Variation des nombres chromosomiques du genre <i>Abelmoschus</i> d'après Siemonsma (1982a).	168
(3) Données sur les taux de nouaison obtenus après coupure des styles.	169
(4) Modalités particulières de quelques descripteurs qualitatifs.	170
(5) Principaux types foliaires chez le gombo.	171
(6) Héritéité de quelques systèmes enzymatiques.	172
(7) Données sur les nouaisons en fonction des groupes de comportement.	173
(8) Modèles possibles d'héritéité de la susceptibilité à l'émasculatation.	174
(9) Cycle de la méthionine et production d'éthylène	175
<b>IV. Planches photographiques.</b>	
	Pages
(1) Quelques aspects morphologiques des fleurs de gombo <i>Abelmoschus esculentus</i> .	27
(2) Types principaux de fruits de gombos cultivés rencontrés en Afrique de l'Ouest.	35
(3) Illustration des essais d'allogamie	50
(4) Quelques aspects des parents et hybrides entre les deux espèces cultivées en Afrique de l'Ouest.	122
(5) Quelques aspects des hybrides interspécifiques entre <i>A. esculentus</i> et <i>A. tetraphyllus</i> .	129



## SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION GENERALE	3
<b>PREMIERE PARTIE</b>	
LE COMPLEXE D'ESPECES DU GENRE <i>ABELMOSCHUS</i> CONNAISSANCES ACTUELLES, MATERIEL VEGETAL DISPONIBLE	
	7
<b>A. La structure du genre <i>Abelmoschus</i></b>	9
I. La taxonomie	9
1. La reconnaissance d'un genre à part entière	9
2. Les différentes classifications botaniques	9
II. Origine évolutive des espèces	13
<b>B. Le matériel végétal en collection</b>	14
I. Les collections disponibles avant 1982	14
II. Les principales introductions réalisées depuis 1982	14
1. Les formes cultivées en Afrique de l'Ouest	14
1a. La collecte de Côte d'Ivoire	16
1b. La collecte du Togo et du Bénin	16
1c. La collecte en Guinée	16
1d. La collecte au Niger	17
2. Les autres introductions d'Afrique de l'Ouest	17
3. Les formes cultivées d'Afrique de l'Est	17
4. Les formes spontanées : la collecte de Thaïlande	19
<b>C. Ecologie des espèces et distribution géographique</b>	19
I. Les conditions écologiques de développement	19
II. Les aires de distribution des espèces	19

## DEUXIEME PARTIE

	Pages
<b>L'ISOLEMENT GENETIQUE ENTRE <i>A. ESCULENTUS</i> ET <i>A. CAILLEI</i>.</b>	23
<b>A. Le point des connaissances sur le mode de reproduction.</b>	26
I. La structure florale	26
II. Le mécanisme de fécondation	27
1. L'autopollinisation	27
2. Le régime de reproduction	28
<b>B. Matériel et méthodes.</b>	29
I. Le matériel végétal	29
1. Pour la phénologie de la floraison et de la fructification	31
2. Pour l'étude de la biologie florale	31
3. Pour l'allogamie	31
II. Méthodes	34
1. Identification et cartographie des espèces	34
2. L'interruption de l'autopollinisation	34
3. Réalisation d'hybrides contrôlés	35
3a. La méthode classique	36
3b. La méthode sans émasculature	36
3c. Le taux de nouaison	36
4. Essais d'allogamie	36
5. L'estimation du rapport (pollen / ovule)	37
<b>C. L'isolement géographique et phénologique</b>	37
I. Répartition éco-géographique	37
1. Bref rappel de la végétation et de l'écologie en Afrique de l'Ouest	37

	Pages
2.Les aires de culture des deux espèces	38
2a.La région sahélienne	38
2b.La zone de savane intermédiaire	38
2c.La région forestière	40
2d.La répartition au Togo et au Bénin	40
3.Bilan des répartitions	42
<b>II.Synchronisme des floraisons</b>	<b>42</b>
1.La précocité de première floraison	42
2.L'amplitude de floraison	44
<b>D.Le mode de reproduction des gombos</b>	<b>45</b>
I.Le processus naturel de fécondation	45
1.Evolution générale	46
2.Caractéristiques individuelles de quelques variétés	46
3.Vue synthétique de l'autopollinisation	47
3a.Un nombre minimum de fécondations réussies: condition de nouaison	
3b.Le processus dans son ensemble	48
II.L'allogamie estimée	49
1.Pollinisations forcées	49
2.Pollinisations libres	52
2a.Parcelle de <i>Abelmoschus esculentus</i>	52
2b.Parcelle de <i>Abelmoschus caillei</i>	53
2c.Les taux d'hybrides interspécifiques des échantillons reçus en collection	53
3.Le rapport pollen / ovule (P sur O) chez le gombo	53
<b>E.Conclusions et discussion</b>	<b>56</b>

### TROISIEME PARTIE

	Pages
ORGANISATION DE LA VARIABILITE DES DEUX ESPECES CULTIVEES DE GOMBO: <i>A.ESCULENTUS</i> ET <i>A.CAILLEI</i>	61
<b>A.Le point des connaissances</b>	63
<b>B.Matériel et méthodes</b>	65
I.Conduite des essais comparatifs	65
II.Les descripteurs quantitatifs	66
III.Les descripteurs qualitatifs	66
1.Descripteurs de coloration	66
2.Caractéristiques foliaires	66
IV.Les descripteurs enzymatiques	67
V.Méthodes d'analyse des résultats	67
1.Méthodes de description de la variabilité	68
2.Recherche de groupes et test de validité	68
3.Les logiciels	69
4.Synthèse de la démarche	70
<b>C.Principales différences entre les deux espèces cultivées de gombo</b>	70
I.Les systèmes enzymatiques	70
II.Les variables quantitatives	71
III.Les descripteurs qualitatifs	71
<b>D.La variabilité comparée entre diverses origines géographiques</b>	74
I.Les introductions non africaines et la collection de Côte d'Ivoire	93

	Pages
II. La diversité de <i>A. esculentus</i> pour divers pays africains	75
1. La variabilité morphologique des cultivars africains de <i>A. esculentus</i>	75
2. La variabilité enzymatique	79
<b>E. Organisation de la variabilité et typologie en Afrique de l'Ouest</b>	<b>82</b>
I. Typologie numérique : exemple de <i>A. esculentus</i> au Togo et au Bénin	82
1. Discrimination sur la précocité	82
2. Recherche de groupes par agrégation autour de centres variables	83
3. Vers une stratégie de typologie	84
II. La typologie à travers la nomenclature paysannale	86
1. Les noms génériques	87
2. Les noms spécifiques	88
2a. La reconnaissance en fonction du cycle	
2b. Identification sur la forme ou l'aspect des fruits	
2c. Références à l'usage alimentaire ou aux interdits	89
2d. Caractérisation en fonction de l'origine	
III. Typologie et éco-géographie sur un exemple: la Guinée	90
1. L'organisation de <i>A. esculentus</i> en Guinée	92
2. La structure de <i>A. caillei</i> en Guinée	92
3. Projection géographique des groupes	93
3a. Projection des groupes de <i>A. caillei</i>	
3b. Projection des groupes de <i>A. esculentus</i>	94
3c. Projection sur la carte de Guinée des groupes obtenus.	
<b>F. Conclusions et discussion</b>	<b>95</b>

## QUATRIEME PARTIE

	Pages
<p>POSSIBILITES DE TRANSFERTS GENIQUES INTRA ET INTERSPECIFIQUES IMPLIQUANT LES ESPECES CULTIVEES</p>	105
<b>A. Les limites liées à l'émasculatation</b>	
I. Croisements contrôlés entre six variétés de <i>Abelmoschus esculentus</i>	109
1. Les taux de nouaison	109
2. Les groupes de comportement stable	112
3. Les influences climatiques	112
II. Transmission du caractère aux descendances	113
III. Deux moyens simples de résoudre le problème	115
1. Pollinisation avec émasculatation partielle	115
2. Pollinisation sans émasculatation	116
<b>B. Les possibilités de transferts interspécifiques.</b>	118
I. Caractéristiques morpho-phénologiques des hybrides des F1 obtenues.	118
1. Précocité	118
2. Aspect général des hybrides	118
II. Expressions de la stérilité des hybrides interspécifiques	120
1. Faible niveau de fructification des hybrides entre <i>A. esculentus</i> et <i>A. caillei</i>	120
2. La stérilité pollinique	123
2a. Modulation au cours du cycle, pour les hybrides entre <i>A. esculentus</i> et <i>A. caillei</i>	123
2b. Relation entre pollens colorés et pollen total par anthère	125

	Pages
3.Les diamètres polliniques	125
4.Les nombres d'embryons par fruits	125
4a.Hybrides réciproques entre <i>A.esculentus</i> et <i>A.caillei</i>	126
4b.Les hybrides <i>A.esculentus</i> x <i>A.tetraphyllus</i>	128
5.Descendances des F1 <i>A.esculentus</i> par <i>A.tetraphyllus</i>	130
<b>C.Conclusions et Discussion</b>	<b>134</b>

### CONCLUSIONS GENERALES

143

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

151

### BIBLIOGRAPHIE

161

### ANNEXES

167

### LISTES DES TABLEAUX ET FIGURES

177

### SOMMAIRE

183

### RESUME

190

### ABSTRACT

191

## RESUME

L'organisation évolutive du genre *Abelmoschus* (Gombo) est encore très mal connue. En Afrique de l'Ouest, en particulier, deux espèces cultivées coexistent : *A.esculentus* et *A.caillei*. Cette dernière, longtemps confondue avec *A.manihot* ne fut correctement identifiée que vers la fin des années soixante dix.

Ce document présente un ensemble de résultats originaux axé autour de trois thèmes majeurs concernant la sauvegarde et l'utilisation des Ressources Génétiques végétales:

### 1. Collecte de formes cultivées en Afrique et analyse de la diversité.

De nombreux échantillons ont été collectés sur le continent africain, principalement en Afrique de l'Ouest. Les distributions géographiques des espèces sont précisées. L'étude de la diversité abordée par deux voies complémentaires (morphophénologique et polymorphisme enzymatique révélé par électrophorèse) donne une illustration de la non concordance entre les spectres obtenus par ces deux voies. Les caractéristiques propres à chaque espèce sont identifiées. La discrimination des deux espèces est aisée sur la base de leur profils enzymatiques. Au sein de chaque espèce l'organisation est précisée par une typologie numérique.

### 2. Etude de la biologie de la reproduction et de ses conséquences sur la diversité.

Les gombos, en l'absence d'autoincompatibilité peuvent se reproduire par autogamie et allogamie. La nature variable du taux d'allogamie est élucidée grâce à une étude détaillée du mécanisme d'auto pollinisation. Les facteurs génétiques assurant le maintien de l'intégrité génétique de deux espèces cultivées sympatriques et génétiquement proches sont mis en évidence. Le flux génique entre les deux espèces n'est pas nul mais très limité.

### 3. Influence du mode de spéciation et de la sélection sur la variabilité finale des formes cultivées.

Le mode de spéciation instantané, par amphiploïdie, provoque une réduction de la variabilité transportée. La diversité finale est nettement inférieure à celle des espèces parentales. Une illustration du mécanisme potentiel en est donnée par les hybrides entre *A.esculentus* et *A.tetraphyllus*. En Afrique de l'Ouest, les méthodes culturales, le contexte sociologique, conduisent à une sélection originale. Un nouveau polymorphisme orienté vers la diversité des cycles de production et la variabilité des parties consommées apparaît. En conclusion une orientation générale pour la conservation des Ressources Génétiques et des propositions de schéma d'amélioration sont présentés.

---

**Mots Clés:** Gombo - *Abelmoschus* - *Abelmoschus esculentus* - *Abelmoschus caillei* - Evolution - Spéciation instantanée - Ressources génétiques - Afrique de l'Ouest.

## ABSTRACT

The systematics of the genus *Abelmoschus* (Okra) is still misunderstood. This is particularly true in West Africa where two cultivated species are grown together: *A. esculentus* and *A. caillei*. The later species was, in the past, often mistaken for *A. manihot*, and was only identified at the end of the Seventies.

In this thesis original results are presented on three main topics related to the use and the conservation of Plant Genetic Resources.

1. Collection of cultivated forms in Africa and the study of their genetic diversity.

More than 3000 samples were collected in Africa, mainly from the west of the continent. The relative growing areas of the two cultivated species can now be defined. The material has been studied in two complementary ways using morphological characters and electrophoretic polymorphism. The results obtained however are in relatively poor agreement with one another. Nevertheless, the two species are well characterized and for each a range of variability is specified. Despite strong similarities the cultivated species can be easily distinguished on the basis of several characters, including electrophoretic patterns which can be detected in the seed.

2. A study of the reproductive behaviour and its impact on the genetic diversity.

Despite having a mainly autogamous reproductive system, Okra species display variable rates of outcrossing. This phenomenon has been explored up thanks to a detailed study of the self-pollination mechanism where, in particular, the pollen / ovule ratio appears to be a very important factor. Thus an extra degree of genetic isolation is imposed between cultivated species, further reducing the gene flow.

3. Speciation and selection modes and their impact on the diversity.

Instant speciation, such as amphiploidy, frequent within the *Malvaceae*, is correlated with a strong reduction of the transported variability from the parental to the daughter species. The low levels of the electrophoretic polymorphism observed within the cultivated species is in accordance with the theory. In addition, a good example is given by the behaviour of an hybrid between *A. esculentus* and *A. tetraphyllus* where a lack of variation is found within the 140 F<sub>2</sub> studied plants.

Meanwhile it is shown that in West Africa the additional effects of time, cultural practice, and social context lead to the selection and preservation of recent variability deriving from selection on sowing and harvesting periods, ecological constraints and pod characteristics. Finally a general view for the conservation of Okra Genetic Resources and for plant improvement is given.

---

**Key words:** Okra - *Abelmoschus esculentus* - *A. caillei* - Evolution - Instant speciation - Genetic Resources- Africa.